

N.M. ✓ 55727-US
KX/-k
#5

日 本 国 特 許 庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 3月15日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-072387

出 願 人

Applicant(s):

株式会社デンソー
郵政省通信総合研究所長

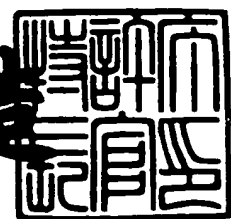
JC912 U.S. PRO
09/804475
03/13/01

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2001年 2月16日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3007980

【書類名】 特許願

【整理番号】 PNID3412

【提出日】 平成12年 3月15日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H04B 7/26

【発明者】

 【住所又は居所】 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内

 【氏名】 青木 豊

【発明者】

 【住所又は居所】 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内

 【氏名】 岡田 実

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県横須賀市光の丘3番4号 郵政省通信総合研究所 横須賀無線通信研究センター内

 【氏名】 原田 博司

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県横須賀市光の丘3番4号 郵政省通信総合研究所 横須賀無線通信研究センター内

 【氏名】 藤瀬 雅行

【特許出願人】

 【識別番号】 000004260

 【氏名又は名称】 株式会社デンソー

【特許出願人】

 【識別番号】 391027413

 【氏名又は名称】 郵政省通信総合研究所所長 飯田 尚志

【代理人】

 【識別番号】 100082500

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 足立 勉

【電話番号】 052-231-7835
【手数料の表示】
【予納台帳番号】 007102
【納付金額】 10,500円
【その他】 国以外のすべての持ち分の割合 1 / 2
【提出物件の目録】
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1
【包括委任状番号】 9004766
【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 無線通信システム、基地局及び端末局

【特許請求の範囲】

【請求項1】

端末局を搭載した移動体の移動経路に沿って複数の基地局が所定の間隔にて配置され、各基地局の通信エリアに進入した端末局が、当該基地局との間にて無線通信を行う無線通信システムであって、

前記各基地局による通信エリアは、同時に複数の端末局が存在し得ない大きさであると共に、当該通信エリア同士がオーバーラップしないよう構成されていること

を特徴とする無線通信システム。

【請求項2】

請求項1記載の無線通信システムにおいて、

前記通信エリアは、同時に複数の端末局が存在し得ない大きさであるという条件を満たしながら、取り得る最大の大きさであること

を特徴とする無線通信システム。

【請求項3】

請求項1又は2記載の無線通信システムにおいて、

前記一の基地局による通信エリアだけでは端末局へのデータ伝送が完了しない場合は、前記移動体の移動方向に存在する複数の基地局による複数の通信エリアにてデータを分割伝送すること

を特徴とする無線通信システム。

【請求項4】

請求項3記載の無線通信システムにおいて、

前記端末局は、前記分割伝送されるデータを蓄積しておくデータ蓄積手段を備えており、

当該データ蓄積手段のデータ蓄積能力は、前記端末局において前記伝送されたデータが使用される速度 R と、前記データを分割伝送する通信エリア間を前記端末局が移動する際の所定の想定速度 v 及び通信エリア間隔 L に基づいて定まるデ

一タ非伝送時間 $T (= L / v)$ とを乗算した値 $(R \times T)$ 以上であること
を特徴とする無線通信システム。

【請求項 5】

請求項 4 記載の無線通信システムにおいて、

前記移動経路上における前記基地局の通信エリアの密度が下記の条件を満たすように設定されていること

を特徴とする無線通信システム。

(条件) ... $E \geq R aREQ / R aSA$

但し、 E は本システムにおける通信区間の有効率、 $R aREQ$ は端末局においてデータが中断なく使用するために必要なデータ伝送速度、 $R aSA$ は基地局から端末局へのデータ伝送速度である。

【請求項 6】

請求項 1 ～ 5 のいずれか記載の無線通信システムにおいて、

前記基地局の通信エリアの移動経路幅方向の長さは、一の移動体が移動するために設定されている経路幅に基づいて設定されていること

を特徴とする無線通信システム。

【請求項 7】

請求項 1 ～ 6 のいずれか記載の無線通信システムにおいて、

前記移動経路は、複数の移動体が並行して移動できるよう複数の区分路にて構成されており、

前記通信エリアの移動経路幅方向の長さは、前記一の区分路の幅に基づいて設定されていること

を特徴とする無線通信システム。

【請求項 8】

請求項 7 記載の無線通信システムにおいて、

前記複数の区分路は間に何も介在せずに隣接しており、

前記複数の区分路それぞれに対応する通信エリアが移動経路幅方向に隣接しないように相互に位置をずらして通信エリアが形成されていること

を特徴とする無線通信システム。

【請求項 9】

請求項 7 記載の無線通信システムにおいて、

前記複数の区分路は間に何も介在せずに隣接しており、

前記複数の区分路それぞれに対応する通信エリアが移動経路幅方向に隣接すると共に、当該隣接する通信エリア同士が干渉しないように所定の間隔を空けて通信エリアが形成されていること

を特徴とする無線通信システム。

【請求項 1 0】

請求項 7 ～ 9 のいずれか記載の無線通信システムにおいて、

前記基地局は、前記通信エリアを形成するための搬送波を、移動経路を移動する移動体及び移動経路上や周辺の構造物によって遮られないような方向から送信すること

を特徴とする無線通信システム。

【請求項 1 1】

請求項 1 0 記載の無線通信システムにおいて、

前記基地局は、前記区分路のほぼ真上から前記搬送波を送信すること

を特徴とする無線通信システム。

【請求項 1 2】

請求項 1 ～ 1 1 のいずれか記載の無線通信システムにおいて、

前記基地局は、前記通信エリアを形成するための搬送波を、前記移動経路を移動する移動体に搭載された端末局によって受信された搬送波の周波数が当該移動体の移動を原因とするドップラー現象によって不連続に変化しない範囲に送信すること

を特徴とする無線通信システム。

【請求項 1 3】

請求項 1 ～ 1 2 のいずれか記載の無線通信システムにおいて、

前記移動経路上における前記基地局の通信エリアの密度が下記の条件を満たすように設定されていること

を特徴とする無線通信システム。

(条件) ... $E > 10^{\{- (G_{tSA} - G_{tCN}) / 10\}}$

但し、Eは本システムにおける通信区間の有効率、 G_{tSA} は本システムにおける基地局のアンテナ利得、 G_{tCN} は通信エリアがオーバーラップする連続アクセス方式のシステムにおける基地局のアンテナ利得である。

(なお、上式中の「 \wedge 」は「 \wedge 」の前の数値を「 \wedge 」の後の数値の回数、累乗することを意味する。本明細書の他の部分でも同じである。)

【請求項14】

請求項1～13のいずれか記載の無線通信システムにおいて、

前記複数の基地局は、一の制御局と光伝送線路を介して接続されていると共に、当該制御局は外部と有線通信網に接続されており、

下り方向においては、

前記制御局が外部から前記端末局宛の有線用信号を受け取り、その有線用信号を変換してベースバンド信号を生成し、そのベースバンド信号を高周波信号に変換した後に光信号に変調して前記基地局へ伝送し、

当該基地局では、前記制御局から伝送された光信号を電気信号に変換して前記高周波信号を取り出し、その取り出した高周波信号を前記端末局へ送信することを特徴とする無線通信システム。

【請求項15】

請求項1～13のいずれか記載の無線通信システムにおいて、

前記複数の基地局は、一の制御局と光伝送線路を介して接続されていると共に、当該制御局は外部と有線通信網に接続されており、

下り方向においては、

前記制御局が外部から前記端末局宛の有線用信号を受け取り、その有線用信号を変換してベースバンド信号を生成し、そのベースバンド信号を中間周波信号に変換した後に光信号に変調して前記基地局へ伝送し、

当該基地局では、前記制御局から伝送された光信号を電気信号に変換して前記中間周波信号を取り出し、その取り出した中間周波信号を高周波信号に変換し、その変換した高周波信号を前記端末局へ送信すること

を特徴とする無線通信システム。

【請求項 1 6】

請求項 1 ～ 1 3 のいずれか記載の無線通信システムにおいて、
 前記複数の基地局は、一の制御局と光伝送線路を介して接続されていると共に、
 当該制御局は外部と有線通信網に接続されており、
 下り方向においては、
 前記制御局が外部から前記端末局宛の有線用信号を受け取り、その有線用信号を変換してベースバンド信号を生成し、そのベースバンド信号を光信号に変調して前記基地局へ伝送し、
 当該基地局では、前記制御局から伝送された光信号を電気信号に変換して前記ベースバンド信号を取り出し、その取り出したベースバンド信号を高周波信号に変換し、その変換した高周波信号を前記端末局へ送信すること
 を特徴とする無線通信システム。

【請求項 1 7】

請求項 1 ～ 1 3 のいずれか記載の無線通信システムにおいて、
 前記複数の基地局は、一の制御局と光伝送線路を介して接続されていると共に、
 当該制御局は外部と有線通信網に接続されており、
 上り方向においては、
 前記基地局が前記端末局から送信された高周波信号を受信し、光信号に変換して前記制御局へ伝送し、
 当該制御局では、前記基地局から伝送された光信号から元の高周波信号を取り出し、その取り出した高周波信号を有線用の信号に変換して前記外部の有線通信網に接続すること
 を特徴とする無線通信システム。

【請求項 1 8】

請求項 1 ～ 1 3 のいずれか記載の無線通信システムにおいて、
 前記複数の基地局は、一の制御局と光伝送線路を介して接続されていると共に、
 当該制御局は外部と有線通信網に接続されており、
 上り方向においては、
 前記基地局が前記端末局から送信された高周波信号を受信し、受信した高周波

信号を中間周波信号に変換し、その中間周波信号を光信号に変換して前記制御局へ伝送し、

当該制御局では、前記基地局から伝送された光信号から元の中間周波信号を取り出し、その取り出した中間周波信号を有線用の信号に変換して前記外部の有線通信網に接続すること

を特徴とする無線通信システム。

【請求項 1 9】

請求項 1 ～ 1 3 のいずれか記載の無線通信システムにおいて、

前記複数の基地局は、一の制御局と光伝送線路を介して接続されていると共に、当該制御局は外部と有線通信網に接続されており、

上り方向においては、

前記基地局が前記端末局から送信された高周波信号を受信し、受信した高周波信号をベースバンド信号に変換し、そのベースバンド信号を光信号に変換して前記制御局へ伝送し、

当該制御局では、前記基地局から伝送された光信号から元のベースバンド信号を取り出し、その取り出したベースバンド信号を有線用の信号に変換して前記外部の有線通信網に接続すること

を特徴とする無線通信システム。

【請求項 2 0】

請求項 1 ～ 1 9 のいずれか記載の無線通信システムにおいて、

前記複数の基地局と制御局との接続形態はスター型であることを

を特徴とする無線通信システム。

【請求項 2 1】

請求項 1 ～ 1 9 のいずれか記載の無線通信システムにおいて、

前記複数の基地局と制御局との接続形態はバス型であることを

を特徴とする無線通信システム。

【請求項 2 2】

請求項 2 1 記載の無線通信システムにおいて、

前記複数の基地局と制御局との間の光伝送は、各基地局によって伝送する光波

長を異ならしめることによって分割多重する波長分割多重形式を用いることを特徴とする無線通信システム。

請求項 23, 24 は従属クレームとしました。

【請求項 23】

請求項 1～22 のいずれか記載の無線通信システムにおいて、

前記基地局が有するアンテナは、複数のアンテナ素子で構成されるアレーアンテナであること

を特徴とする無線通信システム。

【請求項 24】

請求項 1～23 のいずれか記載の無線通信システムにおいて、

前記端末局が有するアンテナは、複数のアンテナ素子で構成されるアレーアンテナであること

を特徴とする無線通信システム。

【請求項 25】

端末局を搭載した移動体の移動経路に沿って所定の間隔にて配置され、自局の通信エリアに進入した端末局との間で無線通信を行う基地局であって、

前記通信エリアは、同時に複数の端末局が存在し得ない大きさであると共に、当該通信エリア同士がオーバーラップしないよう構成されていること

を特徴とする基地局。

【請求項 26】

請求項 25 記載の基地局において、

前記通信エリアは、同時に複数の端末局が存在し得ない大きさであるという条件を満たしながら、取り得る最大の大きさであること

を特徴とする基地局。

【請求項 27】

請求項 25 又は 26 記載の基地局において、

前記一の基地局による通信エリアだけでは端末局へのデータ伝送が完了しない場合は、前記移動体の移動方向に存在する複数の基地局による複数の通信エリアにてデータを分割伝送すること

を特徴とする基地局。

【請求項 2 8】

請求項 2 7 記載の無線通信システムにおいて、

前記移動経路上における前記通信エリアの密度が下記の条件を満たすように設定されていること

を特徴とする基地局。

(条件) … $E \geq R_{aREQ} / R_{aSA}$

但し、E は本システムにおける通信区間の有効率、 R_{aREQ} は端末局においてデータが中断なく使用するために必要なデータ伝送速度、 R_{aSA} は基地局から端末局へのデータ伝送速度である。

【請求項 2 9】

請求項 2 5 ～ 2 8 のいずれか記載の基地局において、

前記基地局の通信エリアの移動経路幅方向の長さは、一の移動体が移動するために設定されている経路幅に基づいて設定されていること

を特徴とする基地局。

【請求項 3 0】

請求項 2 5 ～ 2 9 のいずれか記載の基地局において、

前記移動経路は、複数の移動体が並行して移動できるよう複数の区分路にて構成されており、

前記通信エリアの移動経路幅方向の長さは、前記一の区分路の幅に基づいて設定されていること

を特徴とする基地局。

【請求項 3 1】

請求項 3 0 記載の基地局において、

前記複数の区分路は間に何も介在せずに隣接しており、

前記複数の区分路それぞれに対応する通信エリアが移動経路幅方向に隣接しないように相互に位置をずらして通信エリアが形成されていること

を特徴とする基地局。

【請求項 3 2】

請求項30記載の基地局において、

前記複数の区分路は間に何も介在せずに隣接しており、

前記複数の区分路それぞれに対応する通信エリアが移動経路幅方向に隣接すると共に、当該隣接する通信エリア同士が干渉しないように所定の間隔を空けて通信エリアが形成されていること

を特徴とする基地局。

【請求項33】

請求項30～32のいずれか記載の基地局において、

前記通信エリアを形成するための搬送波を、移動経路を移動する移動体及び移動経路上や周辺の構造物によって遮られないような方向から送信すること

を特徴とする基地局。

【請求項34】

請求項33記載の基地局において、

前記基地局は、前記区分路のほぼ真上から前記搬送波を送信すること

を特徴とする基地局。

【請求項35】

請求項25～34のいずれか記載の基地局において、

前記基地局は、前記通信エリアを形成するための搬送波を、前記移動経路を移動する移動体に搭載された端末局によって受信された搬送波の周波数が当該移動体の移動を原因とするドップラー現象によって不連続に変化しない範囲に送信すること

を特徴とする基地局。

【請求項36】

請求項25～35のいずれか記載の基地局において、

前記移動経路上における前記通信エリアの密度が下記の条件を満たすように設定されていること

を特徴とする基地局。

(条件) … $E > 10^{\{- (G_{tSA} - G_{tCN}) / 10\}}$

但し、Eは本システムにおける通信区間の有効率、 G_{tSA} は本システムにおけ

る基地局のアンテナ利得、GtCNは通信エリアがオーバーラップする連続アクセス方式のシステムにおける基地局のアンテナ利得である。

【請求項37】

請求項25～36のいずれか記載の基地局において、

外部の有線通信網から前記端末局宛の有線用信号を受け取り、その有線用信号を変換してベースバンド信号を生成し、そのベースバンド信号を高周波信号に変換した後に光信号に変調する機能を有する制御局と光伝送線路を介して接続されており、

下り方向においては、

前記制御局から伝送された光信号を電気信号に変換して前記高周波信号を取り出し、その取り出した高周波信号を前記端末局へ送信すること

を特徴とする基地局。

【請求項38】

請求項25～36のいずれか記載の基地局において、

外部の有線通信網から前記端末局宛の有線用信号を受け取り、その有線用信号を変換してベースバンド信号を生成し、そのベースバンド信号を中間周波信号に変換した後に光信号に変調する機能を有する制御局と光伝送線路を介して接続されており、

下り方向においては、

前記制御局から伝送された光信号を電気信号に変換して前記中間周波信号を取り出し、その取り出した中間周波信号を高周波信号に変換し、その変換した高周波信号を前記端末局へ送信すること

を特徴とする基地局。

【請求項39】

請求項25～36のいずれか記載の基地局において、

外部の有線通信網から前記端末局宛の有線用信号を受け取り、その有線用信号を変換してベースバンド信号を生成し、そのベースバンド信号を光信号に変調する機能を有する制御局と光伝送線路を介して接続されており、

下り方向においては、

前記制御局から伝送された光信号を電気信号に変換して前記ベースバンド信号を取り出し、その取り出したベースバンド信号を高周波信号に変換し、その変換した高周波信号を前記端末局へ送信すること

を特徴とする基地局。

【請求項 4 0】

請求項 2 5 ～ 3 6 のいずれか記載の基地局において、

外部の有線通信網と接続され、光信号から元の高周波信号を取り出して有線用の信号に変換する機能を有する制御局と光伝送線路を介して接続されており、

上り方向においては、

前記端末局から送信された高周波信号を受信し、光信号に変換して前記制御局へ伝送すること

を特徴とする基地局。

【請求項 4 1】

請求項 2 5 ～ 3 6 のいずれか記載の基地局において、

外部の有線通信網と接続され、光信号から元の間周波信号を取り出し、その取り出した中間周波信号を有線用の信号に変換する機能を有する制御局と光伝送線路を介して接続されており、

上り方向においては、

前記端末局から送信された高周波信号を受信し、受信した高周波信号を中間周波信号に変換し、その中間周波信号を光信号に変換して前記制御局へ伝送すること

を特徴とする基地局。

【請求項 4 2】

請求項 2 5 ～ 3 6 のいずれか記載の基地局において、

外部の有線通信網と接続され、光信号から元のベースバンド信号を取り出し、その取り出したベースバンド信号を有線用の信号に変換する機能を有する制御局と光伝送線路を介して接続されており、

上り方向においては、

前記端末局から送信された高周波信号を受信し、受信した高周波信号をベース

バンド信号に変換し、そのベースバンド信号を光信号に変換して前記制御局へ伝送すること

を特徴とする基地局。

【請求項 4 3】

移動体に搭載されており、

当該移動体の移動経路に沿って所定の間隔にて配置された複数の基地局との間にて無線通信を行い、所定のデータを前記複数の基地局から分割して受信可能な端末局であって、

前記基地局から分割伝送されるデータを蓄積しておくデータ蓄積手段を備えており、

当該データ蓄積手段のデータ蓄積能力は、自局において前記伝送されたデータを使用する速度 R と、前記データが分割伝送される通信エリア間を自局が移動する際の所定の想定速度 v 及び通信エリア間隔 L に基づいて定まるデータ非伝送時間 $T (= L / v)$ とを乗算した値 ($R \times T$) 以上であること

を特徴とする端末局。

【請求項 4 4】

移動体に搭載されており、

当該移動体の移動経路に沿って所定の間隔にて配置され、前記移動体の移動経路のほぼ真上から通信エリアを形成するための搬送波を送信する基地局との間にて無線通信を行う端末局であって、

前記端末局が前記基地局との通信を行うためのアンテナは、前記移動体の上部に搭載されていること

を特徴とする端末局。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、例えば路車間などの移動体に搭載された端末局と移動体の移動経路に沿って設置された基地局との間において大容量のデータ伝送が可能な無線通信技術に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

移動体通信分野における無線通信技術としてPDC等のセルラー通信が既に実現されている。この技術を検討する。PDC (Personal Digital Cellular) ではサービスエリアを多数のセルと呼ぶ広い無線ゾーン（マクロセル、半径で0.5～20 km）に分割し、各セルの中心に無線基地局（BS）を設置する（図15（a）参照）。マクロセルであるため、基地局の数がPHS (Personal Handy-phone System) のマイクロセル（半径で0.1～0.5 km）に対して少なく済み、インフラコストが有利である。また各セルは隣接セルと重なる部分を持つ連続方式の通信システムである。このことによって端末局（移動局）は途切れることなく通信することができる。

【 0 0 0 3 】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、各セルが隣接セルと重なる部分を持つため、混信を防止するには、隣接セルと搬送周波数を変える必要が生じる。このためサービス（PDC）に与えられた全周波数領域（810～826MHz, 1429～1453MHz）を分割して各セルに割り当てる必要がある。具体的には7分割（図15（a）中には $f_1 \sim f_7$ で示す）している。このことによって、ユーザ1台あたりが使用できる帯域が全帯域に対して小さくなり、伝送できるデータ速度が制限されるという問題が生じる。

【 0 0 0 4 】

さらに、1つのセルを相対的に広域としたことによって、セル内に複数のユーザ端末が存在する状況への対応として多元接続としている。このため、図15（b）に示すように、アクセス時間を分割して各ユーザに割り当てる必要がある（時間分割多重：TDMA）。このことによって、平均データ伝送速度が低下するという問題もある。

【 0 0 0 5 】

このように、セルラー方式を路車間通信に適用するとユーザ1台あたりが使用できる帯域、通信時間が少なくなり、大容量通信の実現は困難である。

そこで、大容量の路車間通信の実現に有効な新規な通信システムであって、セルラー通信などの通信方式に対してデータ伝送速度を大きくでき、また基地局の設置密度も低くできる技術を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】

請求項1記載の無線通信システムにおける基地局の通信エリアは、同時に複数の端末局が存在し得ない大きさであると共に、通信エリア同士がオーバーラップしないよう構成されているため、一の通信エリアには同時に複数の端末局が存在することがない。したがって、通信エリア内で時間分割や周波数分割などの多元アクセスを施す必要が無く、一の端末局に対して一の通信エリアに与えられた全帯域と全通信時間を与えることができるため、高速通信が可能となる。また、通信エリア同士がオーバーラップしないため、全ての通信エリアで本システムに与えられた全周波数帯域を使用でき、高速通信が可能となる。

【0007】

上述した従来技術のセルラー方式の場合と具体的な数値で比較してみる。上述した具体例では、1つのセル（通信エリア）にはシステムに与えられた全周波数帯域を7分割しており、さらに、1つのセル内に存在する n の端末局に対応するため時間分割などによってアクセス時間を n 分割している。したがって、一の端末局が使用できる分量は、実質的に全周波数帯域の $1/(7n)$ となり、 $n=10$ でも $1/70$ という小さな値となってしまう。したがって、本発明のように、一の端末局が全周波数帯域を占有してアクセスできることが非常に有利であることが判る。なお、通信エリアが相対的に小さいことから、基地局の設置密度に関して不利になるのではないかという疑問があるが、このように一の端末局が全周波数帯域を占有してアクセスできるようにしたことから、一の通信エリアに端末局が居る間に大容量のデータを通信することができる。したがって、結果として通信エリア同士をある程度離間させても問題なく、基地局の設置密度の低減にも寄与することとなる。

【0008】

なお、通信エリアに関しては、「同時に複数の端末局が存在し得ない大きさで

ある」という条件を上述したが、請求項2に示すように、この条件を満たしながら、取り得る最大の大きさであることが好ましい。請求項1に示した条件は、通信エリアのサイズの上限を規定しているので、それよりも小さければ上述した「多元接続が不要」といった効果が得られる。但し、高速通信（大容量通信）の実現という目的からは、通信エリアは大きいほどよい。そこで、同時に複数の端末局が存在し得ないという条件を満たしながら、取り得る最大の大きさの通信エリアとして設定すれば、移動体が当該通信エリアに存在する時間が極力長くなる。つまり、上述した一の端末局が全周波数帯域を占有してアクセスできる時間を極力長くすれば、高速通信の実現の面でさらに有利となる。

【0009】

この「取り得る最大の大きさ」とは、例えば路車間通信を想定すれば、「車1台収容できる」程度のエリアを確保することが考えられる。具体的には車長及び車幅にほぼ近い値である4 m×3 mというようなサイズである。なお、「同時に複数の端末局が存在し得ない」ことが前提条件であるので、車両が所定速度以上でしか移動しない状況が想定されるのであれば、例えば車間距離も加味して、10 m×3 mといったエリアあるいはそれよりも広いエリアであっても、採用し得る。逆に、渋滞などで車間距離が非常に短くなるような状況が想定される場合には、やはり上述の4 m×3 m程度を採用すべきである。また、上述の4 m×3 mなどは、移動体の具体例として車両、特に乗用車を想定したものであり、例えば大型車しか走行できない移動経路であれば、よりエリアを大きくできることは当然である。

【0010】

一方、大容量伝送を実現するにあたっては、請求項3に示すように、一の基地局による通信エリアだけでは端末局へのデータ伝送が完了しない場合は、移動体の移動方向に存在する複数の基地局による複数の通信エリアにてデータを分割伝送することが考えられる。

【0011】

そして、このようにデータを分割伝送する場合には、その分割伝送されるデータを端末局側で蓄積するためのデータ蓄積手段を備えるとよいが、その場合のデ

ータ蓄積能力は、請求項4に示すようにすることが考えられる。つまり、端末局において伝送されたデータが使用される速度 R と、データを分割伝送する通信エリア間を端末局が移動する際の所定の想定速度 v 及び通信エリア間隔 L に基づいて定まるデータ非伝送時間 $T (= L / v)$ とを乗算した値($R \times T$)以上とするのである。

【0012】

データが複数の通信エリアにて分割伝送される場合には、その通信エリアがスポット的に存在するため、データが伝送されない区間(時間)が生じる。したがって、そのデータ非伝送区間(時間)において端末局にてデータを使用するのに十分なデータ蓄積能力が端末局側にあれば、間欠的なデータ伝送によっても連続的なデータ使用ができる。その十分なデータ蓄積能力としては、上述のように、最低限 $R \times T$ だけあればよい。なお、このデータ非伝送時間 T を決める上で用いた想定速度 v は、例えば移動体として道路を走行する車両を考えるならば、その道路の法定速度を基準として定めたり、あるいは実際に平均走行速度を調べるなどして定めることができる。

【0013】

一方、このように端末局側に十分なデータ蓄積能力があっても、基地局側から適切な量のデータが伝送されないと、間欠的なデータ伝送によっても連続的なデータ使用ができなくなる。したがって、移動経路上における基地局の通信エリアの密度を請求項5に示すような条件で設定すればよい。この条件に関しては後で詳しく説明する。

【0014】

また、基地局の通信エリアのサイズ及び配置に関しては、次のような観点からの工夫が考えられる。

例えば、通信エリアの移動経路幅方向の長さを、一の移動体が移動するために設定されている経路幅に基づいて設定する(請求項6)。その際、移動経路が、複数の移動体が並行して移動できるよう複数の区分路にて構成されていれば、通信エリアの移動経路幅方向の長さを、一の区分路の幅に基づいて設定する(請求項7)。移動体として乗用車を考えた場合、現在の一般的な車幅は2m弱である

。しかし、道路の1車線の幅員は3.5m程度あることが多く、その場合、車線内の中央を車両が走行するとも限らない。そこで、車線内のどこを走行しても通信できるように、通信エリアを経路幅（ここでは1車線の幅員）に基づいて設定することが好ましいと考えられる。

【0015】

なお、「複数の区分路がある場合」とは、上下1車線以上ずつ存在する場合も該当するし、上下一方のみで2車線以上存在する場合も該当する。そして、このように複数の区分路がある場合であって、それら複数の区分路は間に何も介在せずに隣接する場合には、請求項8のようにして通信エリア同士の干渉を防止することが考えられる。つまり、複数の区分路それぞれに対応する通信エリアが移動経路幅方向に隣接しないように相互に位置をずらして通信エリアを形成するのである。このようにすれば、例えば一の通信エリアに存在する移動体によって搬送波が散乱したとしても、他の通信エリアに与える影響がない、あるいは少ないと考えられ、例えば車線幅一杯の3.5mであってもよく、その場合、車線内のどこを走行しても通信できるという点で有利になる。なお、「相互に位置をずらす」とは、例えば千鳥状に配置することなどを指すが、必ずしも「千鳥状」に限定されることはない。

【0016】

一方、複数の区分路は間に何も介在せずに隣接している場合には、請求項9に示すようにして通信エリア同士の干渉を防止することが考えられる。つまり、複数の区分路それぞれに対応する通信エリアが移動経路幅方向に隣接すると共に、当該隣接する通信エリア同士が干渉しないように所定の間隔を空けて通信エリアを形成するのである。例えば車線幅が3.5mである場合に、通信エリア同士が干渉しないように所定の間隔を空け、例えば移動経路幅方向の長さを3mとすることが考えられる。

【0017】

また、通信エリアを形成するための搬送波をどの方向から送信するかについては、次のような工夫が考えられる。まず、概念的に言えば、移動経路を移動する移動体及び移動経路上や周辺の構造物によって遮られないような方向から送信す

ればよいと言える。例えば移動経路幅方向に関して考えると、複数車線ある場合に別の車線を走行する車両によって搬送波が遮られる（いわゆるシャドウイング）と、適切な通信ができない。そこで、基地局が、通信エリアを形成するための搬送波を、他の区分路を移動する移動体によって遮られないような方向から送信することでこの問題は解決できる。また、移動経路方向に関して考えれば同じ区分路を移動する移動体によって遮られないようにすることも必要である。さらに、移動体だけでなく、移動経路上や周辺に設置されている標識などの構造物であっても遮られる可能性はあるため、これらによっても遮られないようにすることが必要である。具体的には、移動経路幅方向に関し、区分路のほぼ真上から搬送波を送信することが考えられる（請求項11）。もちろん、移動経路幅方向に関して区分路からずれた方向から送信してもよいが、その場合に上述の「遮られないような方向」とするためには、「上方から送信する」若しくは区分路のほぼ真上から搬送波を送信する」というのが現実的である。

【0018】

一方、移動経路における移動体の進行方向に関しては、区分路の有無に関係なく、また上述のシャドウイング回避以外にも、移動経路を移動する移動体に搭載された端末局によって受信された搬送波の周波数が当該移動体の移動を原因とするドップラー現象によって不連続に変化しない範囲に送信することが好ましい（請求項12）。具体的には、次のような点に留意すればよい。例えば通信アンテナ直下から移動体の進行方向に関して前後対称にビームを形成すると、ドップラー現象により車両がアンテナ直下を通過する前後で搬送波周波数が不連続に変化する（図3（a）参照）。従って、アンテナ直下から前後いずれか一方にのみ搬送波のビームを形成すれば、ドップラー現象による不具合は生じない（図3（b）参照）。

【0019】

ところで、請求項1でも示したように、本無線通信システムにおける基地局の通信エリアは、同時に複数の端末局が存在し得ない大きさであると共に、通信エリア同士がオーバーラップしないよう構成されていることを前提とするが、その通信エリア同士が離間しているほど、基地局の設置頻度が少なくて済む。但し、

離れすぎると、平均的な通信速度が低下し、全体としての大容量・高速通信が実現できなくなる。そこで、従来の連続方式よりも高効率のデータ伝送ができる隣接通信エリア間の最大値を得るためには、移動経路上における基地局の通信エリアの密度が請求項13に示す条件を満たす範囲での最大値を設定すればよい。この条件に関しても後で詳しく説明する。

【0020】

一方、本システムを実現する上では、インフラコスト低減の観点からも、請求項14～22に示す構成を採用するとよい。この構成では、基地局を「電波の噴出し口」とし、複数の基地局の制御を1台の制御局が受け持っており、各基地局に局部発振器やミキサを設ける必要がない。つまり、ミリ波デバイスを最小限に抑えることができるため、基地局の構成が非常に簡素なものとなり、基地局を小型に構成できる。これらの詳細については後述する。

【0021】

また、基地局側が有するアンテナ、あるいは端末局が有するアンテナに関しては、請求項23, 24に示すように、複数のアンテナ素子で構成されるアレーアンテナを採用することも考えられる。一般的なアンテナは指向性を制御することが困難であったため、例えば基地局の形成する通信エリアは固定されていた。これに対して、アレーアンテナは複数のアンテナ素子で構成されるため、搬送波ビームの指向性を制御することができる。そのため、通信エリアを移動する端末局の位置に合わせて移動させたり、単一のアレーアンテナで複数の通信エリアを形成できたり、電力密度を制御できたり、通信エリアの形状自体を制御でき、それぞれに対応する効果が得られる。これらの詳細については後述する。

【0022】

なお、以上の説明は無線通信システムとして実現した場合について説明したが、基地局という単位で発明を捉えることもできる。例えば請求項25に示すように、端末局を搭載した移動体の移動経路に沿って所定の間隔にて配置され、自局の通信エリアに進入した端末局との間で無線通信を行う基地局であって、通信エリアは、同時に複数の端末局が存在し得ない大きさであると共に、通信エリア同士がオーバーラップしないよう構成された基地局とする。同様に、請求項26、

27に記載の基地局は、請求項2, 3に示したシステムに好適に用いることのできるものであり、請求項28～42に記載の基地局は、請求項5～22に示したシステムに好適に用いることのできるものである。これらの基地局としての効果は、上述したシステムにおける場合と基本的に同様であるので、繰り返さない。

【0023】

一方、端末局という単位で発明を捉えた場合には、請求項43に示すように、請求項4のシステムに対応するものが考えられる。つまり、間欠的なデータ伝送によっても連続的なデータ使用ができるような十分なデータ蓄積能力を端末局側が備えるのである。この場合の効果も上記システムとしての効果説明において既に述べているので繰り返さない。

【0024】

一方、基地局からの搬送波の送信に関しては種々説明したが、このような搬送波を適切に受信できるようにするという観点での端末局側の工夫としては、請求項44に示すようにすることが考えられる。つまり、基地局からは、移動体の移動経路のほぼ真上から通信エリアを形成するための搬送波が送信されることを前提とすれば、端末局が基地局との通信を行うためのアンテナを、移動体の上部に搭載するのである。このようにすれば、好適な通信が実現できる。

【0025】

【発明の実施の形態】

以下、本発明が適用された実施例について図面を用いて説明する。なお、本発明の実施の形態は、下記の実施例に何ら限定されることなく、本発明の技術的範囲に属する限り、種々の形態を採り得ることは言うまでもない。

【0026】

図1は、上述した発明が適用された路車間通信システムの概略構成を表す説明図である。

図1(a)に示すように、本システムは、道路に沿って所定の間隔で配置された基地局Kと、道路を走行する車両に搭載された端末局Tとから成る。

【0027】

この内、端末局Tは、車両の上部に設置されたアンテナ（端末局アンテナ）A

T_tと、その端末局アンテナA T_tを介して無線通信を行う端末局本体1とを備えている。

一方、基地局Kは、道路上方に設けられたアンテナ（基地局アンテナ）A T_kと、その基地局アンテナA T_kを介して無線送受を行う基地局本体10とを備えている。なお、基地局アンテナA T_kの位置に関する詳細は後述する。

【0028】

また、基地局本体10は、光ファイバを介して制御局Sと接続されている。この制御局Sと基地局Kとの関係についても後述する。

基地局Kは、基地局アンテナA T_kから搬送波ビームを放射して所定の通信エリアを形成し、その通信エリア内に進入した端末局Tとの間で無線通信を行う。つまり、車両に搭載された端末局Tが車両の移動に伴って間欠的に通信エリアに入出し、その通信エリアに滞在中の端末局Tが基地局Kとの間でデータ通信を行う。ここで、基地局Kによる通信エリアについては、次の2つの条件を満たすように設定されている。

【0029】

〔条件①〕…同時に複数の端末局Tが存在し得ない大きさである。具体的には、端末局Tを搭載した車両が高々一台入れる程度のサイズのエリア（パーソナルエリアと称す。）である。

〔条件②〕…通信エリア同士がオーバーラップしないよう構成されている。

【0030】

このような2条件を満たすように設定された通信エリアにて、端末局Tと基地局Kとが通信する。これをスポットアクセス方式の通信と呼ぶこととする。このスポットアクセス方式にて通信することで、次のような効果が発揮される。

まず、上述した条件①によって通信エリア内で時間分割や周波数分割等の多元アクセスを施す必要が無くなる。このため一つの端末局Tに対して一つの通信エリアに与えられた全帯域と全通信時間を与えることができ高速通信が可能となる。また、条件②によって全ての通信エリアが同一の周波数帯域を使用することができ、一つのサービスに与えられた全周波数帯域を全ての通信エリアで使用することができる。このため各ユーザー端末はサービスに与えられた全周波数帯域を

使用することができより高速な通信が可能となる。

【0031】

以上の説明は概念的であったので、通信エリアの大きさや形成方法、搬送波周波数などについてさらに具体的に説明する。

(1) まず、条件①を満たす通信エリアの具体的な大きさに関して検討する。路車間通信の対象とする車両は大型トラックから普通車、軽自動車まで様々である。しかし通信エリアの大きさが、普通車、軽自動車に対して上記条件①を満たすならば、それより大きな車両に対しては必ず条件①は満たされるため、普通車、軽自動車に対して検討する。まず、車とそのサイズの一例を以下に示す。

| 〔車種〕 | 〔全長(m)〕 | 〔全幅(m)〕 | 〔全高(m)〕 |
|------|---------|---------|---------|
| 普通車A | 4.9 | 1.8 | 1.5 |
| 普通車B | 4.8 | 1.8 | 1.5 |
| 軽自動車 | 3.4 | 1.5 | 1.4 |

これらから車両進行方向の長さは4 m程度であることが分かり、通信エリアの車両進行方向の長さを4 m程度とすると、走行中はもちろん渋滞中でも通信エリア内に2台以上の車両は入らず、同時に複数の端末局Tが通信エリア内には存在しないと考えられる。また、車両幅方向の長さは2 m程度であることがわかる。しかし車両が必ずしも車線中央を走行するとは限らないことから通信エリアの車両幅方向の長さは幅員程度(3.5 m)が望ましいと考える。ただし、隣接車線にまで広がると干渉の原因となることから幅員から両側に1割程度の余裕を持たせて3 m程度が望ましいと考える。したがって、通信エリアのサイズを縦(道路の長さ方向)4 m×横(道路幅方向)3 mとする。

【0032】

なお、ここでいう4 m×3.5 mは、図1(b)に示すように、車両上部に取り付けられた端末局アンテナATtの位置においてそのサイズになるように設定されている。したがって、上述の車サイズ例からすれば、道路上1.4 m～1.5 mで上記通信エリアのサイズが確保できるように設定することとなる。

【0033】

また、通信エリアの形状（ここでは断面形状を意味する）に関しては、略楕円形状が形成し易いが、通信対象が車両であるため、長方形形状にすると次の利点が得られる。つまり、端末局アンテナ A T t が縦方向の 4 m 分に存在する時間が、車両の車線内の走行位置に関係なく同じだけ確保できることとなる。したがって、図 1（a）での概念説明では略楕円形状となっているが、実際には略長方形の断面となるようなビームを照射することが望ましい。

【0034】

通信エリアの横幅 3 m というのは、隣接車線における通信エリアとの干渉を考慮したものであるが、複数車線があるといっても、それら複数車線間に何も介在せずに単に隣接する場合と、分離帯のようなものがあり車線同士が直接的には接していない場合もある。図 2（a）に示すように、複数車線が直接隣接している場合であって、通信エリア同士が道路幅方向に隣合うように形成される場合には、上述したように両通信エリア間の干渉防止のために道路幅 3.5 m 一杯ではなく、余裕を持たせた 3 m 程度が好ましい。

【0035】

但し、複数車線が直接隣接している場合であっても、図 2（b）に示すように、通信エリア同士が道路幅方向に隣接しないように相互に位置をずらせば、例えば一の通信エリアに存在する移動体によって搬送波が散乱したとしても、他の通信エリアに与える影響がないか、あるいは少ないと考えられ、車線幅一杯の 3.5 m であってもよい。なお、図 2（b）では通信エリアを千鳥状に配置しているが、道路幅方向に位置がずれていれば、必ずしも「千鳥状」でなくてもよい。

【0036】

一方、図 2（c）に示すように、複数車線間に分離帯があって車線同士が直接的には接していない場合には、当然ながら、道路幅一杯の 3.5 m という横幅の通信エリアにしても問題がない。

（2）次に、搬送波周波数について考える。一般に、搬送波周波数を高くするとビームの指向性が高くなり絞りやすい。従って上記のようなパーソナル通信エリアを形成する場合は搬送波周波数は高いほうが望ましい。また、条件②を満た

すようにする場合、周波数がマイクロ波程度に低いと、路面、車両による回折、散乱で干渉が生じると考える。そこで指向性が十分高く、かつ大気中での減衰が大きいミリ波を用いることが望ましい。

【0037】

(3) 続いて、アンテナ位置に関し幅員方向と車両進行方向に場合分けして検討する。まず幅員方向に関して検討する。搬送波としてミリ波を用いる場合、直進性が高くなるために、自車近傍の（例えば隣のレーンを走行中の）大型車両、あるいは標識などによって搬送波が遮蔽（シャドウイング）されることがある。これを回避するため、道路幅方向に関しては、車両上部に取り付けられた端末局アンテナATtに対して、ほぼ真上から搬送波ビームを放射することが望ましい（図1（b）参照）。

【0038】

また、車両進行方向についても同様に車両直上から放射することが望ましいが、基地局アンテナATk直下から道路上の車両の前後方向に対称にビームを形成すると、図3（a）に示すように、ドップラー現象により、車両の移動に伴って端末局アンテナATtが基地局アンテナATk直下を通過する前後で搬送波周波数が不連続に変化する（ $f_0 + \Delta f \rightarrow f_0 - \Delta f$ ）。

【0039】

従って、本実施例では、図3（b）に示すように、基地局アンテナATk直下から後側（車両の進行方向とは反対側）にのみビームを形成させている。もちろん、基地局アンテナATk直下から前側（車両の進行方向側）にのみビームを形成させてもよい。なお、ビームの高さに関しては、本実施例では一応10m程度にしているが、これは、適用状況に応じて適宜変更すればよい。

【0040】

また、従来技術としてセルラー方式に代表される連続アクセス方式を説明したが、その連続アクセス方式において必要となるビーム形状は、例えば図15（c）に示すようなものとなる。平べったい円錐状のビームがオーバーラップするように形成されることとなる。

【0041】

(4) また本システムは、スポットアクセス通信方式でありながら、従来のセルラー方式のような連続アクセス方式よりも高速通信（大容量通信）を実現することを目的としている。通信エリアの間隔を短くすれば当然ながら連続アクセス方式よりも高速通信できるのであるが、基地局Kの設置密度を高くすればインフラコストが高くなる。したがって、通信エリアの間隔がどの程度まで大きくなっても連続アクセス方式に対して有利であるかを数値計算によって検証する。

【0042】

(4-1) 基地局アンテナAT_kの利得

通信エリアとしては、図1(b)及び図3(b)に示すようなビーム形状のものを用いる。端末局側アンテナAT_tの位置におけるビーム断面は縦4m×横3mの長形状であるとする。この場合の基地局アンテナ利得G_{tSA} [dB] は下式にて求めることができる。

$$G_{tSA} = 10 \log_{10} (4 \pi d^2 / A)$$

ここで、d [m] は伝搬距離、A [m²] は端末局アンテナAT_tの高さにおける通信エリア面積である。d = 10 m、A = 4 m × 3 m = 12 m² を代入すると、本システムの基地局アンテナ利得を20 dBと見積もることができる。これに対して連続アクセス方式のシステムにおける基地局のアンテナ利得G_{tCN} は、図15(c)にも示すように半平面に放射することから、その際の放射面積A = 1/2 × 4 π d² を上式に代入して、3 dBと見積もることができる。

【0043】

(4-2) スポットアクセス方式の高速通信特性

基地局からデータを送信し、車載器で受け取る場合についてスポットアクセス方式の連続アクセス方式に対する高速通信特性を数値計算した。

一般に、データ伝送速度が増加すると、それに応じて必要な帯域幅が増加することが知られている。なお、図5ではFSK, QPSK, 1024QAMの3つの変調方式による両者の関係を示した。また、帯域が増加すると雑音帯域幅が増加することによって受信雑音が増加し、受信波のCNR (Carrier to Noise power R

atio) が劣化する。受信波のCNRと平均BERは1対1の対応関係にあり、CNRの劣化によって平均BERは悪化する。この点は後述する。従ってシステムで要求される平均BERに対してCNRが一意に決まり(所要CNR)、他の回線条件(放射電力、伝搬損失、アンテナ利得等)を一定条件とすれば、どの程度の帯域幅まで電力余裕があるかで高速通信特性が評価できる。

【0044】

そこでまず、各変調方式(FSK, BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAMの6つ)によるCNRと平均BERとの関係を計算する。平均BERが小さい場合はCNRと平均BERとは図6(a)に示す関係にある。なお、図6(a)の平均BERの式の中に用いた K_0 はCNRの真値の平方根である。図6(a)に示す演算を実行すると図6(b)のような結果が得られた。これによるとCNR劣化によって平均BERは増加し、例えばシステムにおいて要求されるBERが 1×10^{-6} の場合はFSK, BPSK, QPSKでは14dBのCNRが必要であることが分かる。

【0045】

次に、上述した高速通信特性を計算する。電力余裕を M [dB]、伝搬の結果得られるCNRを $CN RSA$ [dB]、そしてシステムで要求されるCNRを $CN R_0$ [dB] とすると、下記の関係がある。

$$M = CN RSA - CN R_0$$

ここで $CN RSA$ [dB] は、伝搬電力を $Pr SA$ [dBm]、雑音電力を N [dBm] として次のように表すことができる。

$$CN RSA = Pr SA - N$$

この $Pr SA$ [dBm] は、基地局放射電力を Pt [dBm]、基地局アンテナ A_{Tk} の利得を $Gt SA$ [dB]、端末局アンテナ A_{Tt} の利得を Gr [dB]、伝搬利得を $Gprop$ [dB] として、次のように表すことができる。

$$PrSA = Pt + GtSA + Gr + Gprop$$

また、 $Gprop$ [dB] は、伝搬距離を d [m]、搬送波周波数を f [Hz]、光速を c [m/sec] として、次のように表すことができる。

$$Gprop = -20 \log_{10} (4 \pi d f / c)$$

最後に雑音電力 N [dBm] は、ボルツマン定数を kB [J/K]、端末局側受信機の温度を T [K]、帯域幅を $BwSA$ [Hz]、受信機雑音指数を NF [dB] として、次のように表すことができる。

$$N = 10 \log_{10} (kB \cdot T \cdot BwSA \cdot 10^3) + NF$$

以上の関係から、スポットアクセス方式である本システムの場合の回線電力余裕 M と可能な帯域幅 $BwSA$ の関係が次のように導かれる。

【0046】

【数 1】

$$\begin{aligned}
M &= CNR_{SA} - CNR_0 \\
\Leftrightarrow M &= (P_{rSA} - N) - CNR_0 \\
\Leftrightarrow M &= ((P_t + G_{tSA} + G_r + G_{prop}) - N) - CNR_0 \\
\Leftrightarrow M &= ((P_t + G_{tSA} + G_r - 20 \log \frac{4\pi df}{c}) - N) - CNR_0 \\
\Leftrightarrow M &= ((P_t + G_{tSA} + G_r - 20 \log \frac{4\pi df}{c}) - (10 \log (k_B T B_{wSA} 10^3) + N_F)) - CNR_0 \\
\Leftrightarrow \log (k_B T B_{wSA} 10^3) &= \frac{P_t + G_{tSA} + G_r - 20 \log \frac{4\pi df}{c} - N_F - CNR_0 - M}{10} \\
\Leftrightarrow k_B T B_{wSA} 10^3 &= 10^{\frac{P_t + G_{tSA} + G_r - 20 \log \frac{4\pi df}{c} - N_F - CNR_0 - M}{10}} \\
\Leftrightarrow B_{wSA} &= \frac{10^{-3}}{k_B T} 10^{\frac{P_t + G_{tSA} + G_r - 20 \log \frac{4\pi df}{c} - N_F - CNR_0 - M}{10}}
\end{aligned}$$

【0047】

一方、従来技術として示した連続アクセス方式に関しても同様に、回線電力余裕Mと帯域幅B_{wCN}の関係が次のように導かれる。

【0048】

【数 2】

$$B_{wCN} = \frac{10^{-3}}{k_B T} 10^{\frac{P_t + G_{tCN} + G_r - 20 \log \frac{4\pi df}{c} - N_F - CNR_0 - M}{10}}$$

【0049】

ここで、スポットアクセス方式で得られる伝送速度をR_{aSA}、連続アクセス方式で得られる伝送速度をR_{aCN}とし、各々のアクセス方式において得られる伝送速度の比R_{Rate}を、R_{Rate}=R_{aSA}/R_{aCN}と定義すると、以下の関係が得られる。

$$R_{Rate} = R_{aSA} / R_{aCN} = B_{wSA} / B_{wCN}$$

以上の関係から、伝送速度の比 R_{Rate} が、スポットアクセス方式の場合の基地局アンテナ利得 G_{tSA} と、連続アクセス方式の場合の基地局アンテナ利得 G_{tCN} を用いて次のように表される。

【0050】

【数3】

$$R_{Rate} = \frac{B_{wSA}}{B_{wCN}}$$

$$\Leftrightarrow R_{Rate} = \frac{\frac{10^{-3}}{k_B T} 10^{\frac{P_t + G_{tSA} + G_r - 20 \log \frac{4\pi df}{c} - N_F - CNR_0 - M}{10}}}{\frac{10^{-3}}{k_B T} 10^{\frac{P_t + G_{tCN} + G_r - 20 \log \frac{4\pi df}{c} - N_F - CNR_0 - M}{10}}}$$

$$\Leftrightarrow R_{Rate} = 10^{\frac{1}{10}(G_{tSA} - G_{tCN})}$$

【0051】

次に、通信区間の有効率 E は、有効区間の長さ L_{on} [m] と非有効区間の長さ L_{off} [m] を用いて次のように表される。

$$E = L_{on} / (L_{on} + L_{off})$$

この区間有効率 E を用いると、スポットアクセス方式における平均データ伝送速度の連続アクセス方式でのデータ伝送速度に対する比 $R_{ave. Rate}$ は、次のように表される。

$$R_{ave. Rate} = R_{Rate} \cdot E$$

ここで、スポットアクセス方式の平均データ伝送速度が連続アクセス方式のデータ伝送速度に勝っている条件は、 $R_{ave. Rate} > 1$ である。したがって、次のように展開できる。

$$R_{ave. Rate} = R_{Rate} \cdot E > 1$$

$$\rightarrow E > 1 / R_{Rate}$$

$$\rightarrow E > 10^{-\{(G_{tSA} - G_{tCN}) / 10\}}$$

すなわち、通信区間の有効率Eが（与えられた基地局アンテナ利得において）この式を満たすような通信エリア密度にすることによって、スポットアクセス方式において連続アクセス方式よりも高い平均データ伝送速度を得ることができることとなる。

【0052】

ここで、具体的な数値で比較を試みる。まず計算諸元を説明する。放射電力を10 dBmとする。基地局アンテナ利得は、上記（4-1）で述べた計算によりスポットアクセス方式で20 dB、連続アクセス方式で3 dBとする。伝搬距離はアンテナ直下の場合を想定し10 m、周波数は3.7 GHz、変調方式はFSK, BPSK, QPSKとした。要求される平均BERを仮に有線系のEtherNetで要求される 1×10^{-6} とするとこの場合に変調方式FSK, BPSK, QPSKで要求されるCNRは図5により14 dBとなる。受信機の雑音指数はミリ波の場合であるため10 dB、受信機温度は室温の300 Kとした。以上の諸元を図7（a）にまとめた。

【0053】

そして、計算を実行した結果を図7（b）に示す。連続アクセス方式では帯域70 MHzあたりで電力余裕がゼロになるのに対してスポットアクセス方式では200 MHzでも16 dBである。同じ16 dBの値は連続アクセス方式では4 MHzでしか得ることができず、スポットアクセス方式は連続アクセス方式に対して50倍の伝送速度を持つと考えられる。

【0054】

（5）本システムにおける基地局配置

上記（4）により、ある現実的な条件において、本システムのスポットアクセス方式が従来の連続アクセス方式に対して50倍の伝送速度を持つことが明らかになった。しかしスポットアクセス方式には連続アクセス方式には無い通信不可

能区間が存在する（図8（a）参照）。したがって、ここでは、通信可能区間（即ち通信エリア）の長さに対する通信不可能区間の長さによって変化する平均伝送を計算し、スポットアクセス方式が連続アクセス方式に対して高い伝送速度を維持できる条件を導く。

【0055】

計算に先立ち仮定を説明する。端末局アンテナ A T t が通信エリア内に滞在している時間のうち、回線オン・オフ等の制御に要する時間を考慮し、所望のデータ伝送に使用できる時間を5割とする。したがって、上述した通信エリアの縦方向（車両が進行する方向と一致）の長さ4 mのうち有効長（所望のデータ伝送に使用できる長さ）を5割の2 mとする。また、車両速度は一定であるとし、通信エリアの〔有効長, 非有効長〕と〔通信時間, オフ時間〕とは線形に1対1対応すると仮定する。また電力余裕を16 dBとする。このときスポットアクセス方式では帯域200 MHzをとれるが、連続アクセス方式では4 MHzである。この帯域は変調方式としてFSKを用いた場合、それぞれ100 Mbps、2 Mbpsの伝送速度が得られる（図5参照）。

【0056】

平均データ伝送速度を以下のように条件設定する。

$$E = L_{on} / (L_{on} + L_{off})$$

$$R_{av} = R \cdot E$$

ここで R_{av} [bps] は平均データ伝送速度、 R [bps] は有効区間でのデータ伝送速度、 E を区間有効率、 L_{on} [m] は有効区間の長さ、 L_{off} [m] は非有効区間の長さである。

【0057】

以上の仮定に基づくスポットアクセス方式の平均データ伝送速度を図8（b）に示す。

この結果、区間有効率が2%以上で連続アクセス方式のデータ伝送速度2 Mbpsを上回ることができることが分かる。区間有効率2%で上記仮定に基づいて

通信エリアを配置すると100mごとに通信エリアを配置するだけで連続アクセス方式を上回る通信速度を得ることができることが分かる。

【0058】

さらに連続アクセス方式に用いた2Mbpsという値は、伝搬距離、即ち基地局アンテナー車載器アンテナ間距離が10mの場合に得られる値である。連続アクセス方式で通信エリア配置を100mごととすると伝搬距離の最大値は50mとなり、上記(5)で述べた式に基づいて電力余裕は低下する。図8(c)には、連続アクセス方式において帯域幅4MHzの場合の伝搬距離による電力余裕の変化を示した。従って、基地局間隔を10~20[m]とし、基地局アンテナー端末局アンテナ間距離を10m程度としなければ、スポットアクセス方式と同等の余裕がないと考え、インフラコストの観点からもスポットアクセス方式が連続アクセス方式に対して優れていると考える。

【0059】

(6) また、本システムは、上述したように、端末局Tが車両の移動に伴って間欠的に通信エリアに入出し、その通信エリアに滞在中に基地局Kとの間でデータ通信を行う。このようなスポットアクセス方式の通信の場合には、やりとりすべきデータが一つの通信エリア滞在時間内では伝送不可能な程度に大きいことも想定される。その場合には、複数の基地局Kから分割伝送すればよい(図4(a)参照)。

【0060】

分割伝送の際には、制御局Sにおいて情報を分割して無線パケット化する。一つの無線パケットの大きさは、一つの通信エリアで伝達が完了する程度に小さくする。図4(a)の例で言えば、通信エリアa, b, c向けに3分割し、それぞれを基地局Kに伝送する。そして、各基地局Kにおいて、端末局Tが通信エリアに入った時点で伝送する。端末局Kでは無線復調して伝送された無線パケットを取り出し、再加工して元の情報を取り出す。その後、分割データを結合して端末局T側でのアプリケーション処理に用いたりする。なお、以上は下り方向の処理であったが、上り方向に関しても同様である。つまり、端末局Tからデータをアップロードする際、そのデータを分割し、複数の通信エリアにおいて順番に基地

局K側に伝送する。基地局Kはその分割伝送されたデータを制御局Sへ送り、制御局Sにおいてそれらを結合してデータを復元する。

【0061】

このように複数の基地局Kから端末局Tへデータを分割して伝送することを考えると、一の通信エリア滞在中のデータ伝送速度を高くすることができることを前提とすれば、端末局T側において十分大きなバッファメモリを装備しておくことにより、間欠的なデータ伝送によっても端末局T側において連続的なデータの使用ができる。つまり、例えばインターネットで配信されているストリームビデオ、ストリームラジオ等の動画を視聴することができる。また、ある程度の遅延を許容できるならばリアルタイム映像、音声をダウンロード、アップロードすることができる。例えば、現在地上波TVにおける生放送も数秒遅延のある「リアルタイム」放送である。この遅延は不適切な表現をジャミングすることに使用されているが、この意味でのリアルタイムなデータ使用も可能となる。

【0062】

そこで、基地局Kから端末局Tへ間欠的にデータが伝送されても端末局Tにおけるアプリケーションでのデータ使用に中断が生じないような端末局T側が準備すべき「十分な」バッファメモリ量と、通信エリアの密度について、それぞれ検討する。

【0063】

(6-1) 「十分な」バッファメモリ量に関して

データを分割伝送する場合には、その分割伝送されるデータを端末局T側で蓄積するためのデータ蓄積手段(データ記憶媒体)を備える必要があるが、そのような間欠的なデータ伝送によっても連続的なデータ使用をできるようにするためのデータ蓄積能力(バッファメモリ量)は、次のように設定する(図4(b)参照)。

【0064】

端末局Tにおいて伝送されたデータが使用される速度を R とし、データを分割伝送する通信エリア間を端末局Tが移動する際の所定の想定速度を v とする。通信エリア間隔が L であるとする、データが伝送されない時間(非伝送時間) T

は L/v となる。したがって、 R と T を乗算した値 ($=R \times T$) 以上のデータ蓄積能力があれば、非伝送時間分の端末局 T でのデータ使用に何ら不都合が生じない。もちろん、データ蓄積能力は大きければよいが、コストなどの関係から、最低限この量があれば、上述したデータの連続使用が可能となる、という意味である。なお、想定速度 v は、ここでは端末局 T が車両に搭載されており、その車両が道路を走行することを前提としているので、道路の法定速度を基準として定めたり、あるいは実際に平均走行速度を調べるなどして定めればよい。例えば、通信エリアの間隔が 100 m であるとする、 100 km/s の場合には非伝送時間 t は 3.6 秒、 30 km/s の場合には非伝送時間 t は 12 秒となる。

【0065】

(6-2) 通信エリアの密度に関して

上述のように端末局 T 側に十分なデータ蓄積能力があっても、基地局 K 側から適切な量のデータが伝送されないと、間欠的なデータ伝送によっても連続的なデータ使用ができなくなる。その条件を検討する。

【0066】

前提条件として、端末局 T を搭載している車両の走行速度は一定とする。走行速度が一定であるとする、スポットアクセス方式では通信の有効区間と非有効区間が周期的に繰り返されることとなる。したがって、データ使用に中断が生じないようにするには、1周期において端末局 T が基地局 K から得られるデータ量が、端末局 T において使用されるデータ量以上であればよい。そのような有効区間率を求める。

【0067】

まず、上記(5)で用いた有効区間長 $L_{on} [\text{m}]$ とは非有効区間長 $L_{off} [\text{m}]$ とから、1周期に車両が走行する長さ $L [\text{m}]$ は、以下のように表される。

$$L = L_{on} + L_{off}$$

そして、この L と車両速度 $v [\text{m/sec}]$ とから周期 $T [\text{sec}]$ は、以下のように表される。

$$T = L / v = (L_{on} + L_{off}) / v$$

端末局Tにおけるアプリケーションで中断無くデータ使用ができるために必要なデータ伝送速度を R_{aREQ} [bps] とする。このとき1周期中において必要となるデータ量 b_{REQ} [bits] は、以下ようになる。

$$b_{REQ} = R_{aREQ} \cdot T = R_{aREQ} (L_{on} + L_{off}) / v$$

次に、1周期で得られるデータ量 b_{Ob} [bits] を求める。有効区間におけるデータ伝送速度を R_{aSA} [bps]、1周期中での有効期間滞在時間を T_{ON} [sec] とすると、以下のように表される。

$$b_{Ob} = R_{aSA} \cdot T_{ON} = R_{aSA} (L_{on} / v)$$

以上のことから、1周期において、得られるデータ量が使用されるデータ量以上となる条件は、以下のように表される。

$$b_{Ob} \geq b_{REQ}$$

$$\rightarrow R_{aSA} (L_{on} / v) \geq R_{aREQ} (L_{on} + L_{off}) / v$$

$$\rightarrow L_{on} / (L_{on} + L_{off}) \geq R_{aREQ} / R_{aSA}$$

この最後の式の左辺は区間有効率Eの定義であるため、最終的に次のような条件を導くことができる。

$$E \geq R_{aREQ} / R_{aSA}$$

すなわち、端末局Tでのアプリケーションにおいて中断無くデータ使用ができるために必要なデータ伝送速度 R_{aREQ} [bps] が与えられて、有効区間におけ

るデータ伝送速度 R_{aSA} [bps] が決まっているならば、上記式を満たすような通信エリア密度となるように基地局を配置すればよい。例えば、データ伝送速度 R_{aREQ} が 1M [bps] でデータ伝送速度 R_{aSA} が 10M [bps] であれば、有効区間率 E を 0.1 以上にすることで、端末局 T でのアプリケーションにおいて中断無くデータ使用ができることとなる。

【0068】

(7) 以上のことより、次のような考察ができる。

通常のセルラー通信は人を対象とする。人は地上において2次元的に移動を行うためパーソナル通信エリアでサービスエリアをカバーするためにはパーソナル通信エリアを2次元に均等に配置し、かつ人の動きを予測してデータを伝送する通信エリアを決める必要がある。人は基本的にまっすぐ進むものではなく、他の人をよけるため、あるいは気まぐれで進路を不規則に変化させる。従って通信エリアの予測は困難である。しかし車両は道路上を進むものであり、車両の位置、速度を路側装置 (RSU) が把握していれば伝送に使用する通信エリアを予測することは可能と考える。したがって、スポットアクセス通信方式である本システムは、路車間通信に有利である。

【0069】

このような有利な点がある一方、本システムは、パーソナル通信エリアを多数配置することで通常のセルラー方式を用いる場合に対してインフラコストが大きくなる可能性がある。したがって、上述したように、連続アクセス方式に対する優位性を持てる通信エリア密度を確保しながら極力通信エリア間を大きくすることに加え、以下に示す光電波融合技術を導入することがインフラコスト削減に寄与すると考える。この光電波融合技術は基地局 K を「電波の噴出し口」とし、複数の基地局 K の制御を1台の制御局 S が受け持つためコスト的に有利である。その構成を図9を参照して説明する。

【0070】

制御局 S は、基地局 K と外部通信網との間のインタフェースを行うものである。そのため制御局 S は、図9に示すように、外部通信網に接続され、基地局 K 宛の下り信号を抽出するインターフェース 21 と、インターフェース 21 にて抽出

された下り信号に基づいて所定の変調信号を生成する変調器22と、中間周波数帯のローカル信号を生成する局部発振器27と、変調器22からの変調信号と局部発振器27からのローカル信号とを混合してローカル信号を変調信号にて変調してなる中間周波数の信号（IF信号）を生成するミキサ23と、無線周波数帯の第2ローカル信号を生成する局部発振器28と、ミキサ23にて生成されたIF信号に局部発振器28からの第2ローカル信号を混合してアップコンバートすることにより無線周波数帯の送信信号（RF信号）を生成するミキサ24と、この送信信号に従ってレーザ素子などの光源26で発生させた光を強度変調する電気-光変換（E/O）素子25とを備えており、光増幅器26にて増幅された光信号を「光伝送路」としての光ファイバ30を介して基地局Kに供給できるように構成されている。

【0071】

一方、基地局Kは、光ファイバ30を介して供給された光信号を電気信号に変換して、送信信号を復元する光-電気変換（O/E）素子12と、O/E素子12により復元された送信信号を増幅する増幅器13と、増幅器13にて増幅された送信信号を電波に変換して送出する送信アンテナATkとを備えている。

【0072】

本構成のシステムにおいては、制御局Sでは、下り信号を重畳したIF信号を生成し、第2ローカル信号を混合してアップコンバートすることにより無線周波数帯の送信信号（RF信号）を生成し、この送信信号によって強度変調された光信号を生成している。一方、基地局Kでは、光信号から電気信号に変換することにより送信信号を復元し、この復元された送信信号を、増幅器13にて増幅後、そのまま送信アンテナATkから送出する。

【0073】

なお、上り信号に対しては、この逆の動作を行う。簡単に説明すると、基地局Kが端末局Tから送信された高周波信号を受信し、光信号に変換して制御局Sへ伝送する。そして制御局Sでは、基地局Kから伝送された光信号から元の高周波信号を取り出し、その取り出した高周波信号を外部通信網用の信号に変換する。

【0074】

また、図9では、一の制御局Sに対して一の基地局Kしか接続していないが、図1に示すように、一の制御局Sに対して複数の基地局Kが接続されている。したがって、この場合には、変調器22、2つの局部発振器27、28、2つのミキサ23、24、E/O素子25及び光源26を、複数組準備する。なお、この内、2つの局部発振器27、28及び光源26については、分配器を用いることで複数組準備しなくても済む。さらに、複数の基地局Kに対して放送形式での信号伝送を前提とした場合には、上述した各要素は1組あればよく、光ファイバ30を分岐させることによって実現できる。

【0075】

このように構成することによって、各基地局Kに局部発振器やミキサを設ける必要がなく、ミリ波デバイスを最小限に抑えることができるため、基地局Kの構成が非常に簡素なものとなり、基地局Kを小型に構成できる。

以上種々の観点から本実施例の路車間通信システムについて説明したが、基地局Kの通信エリアは、同時に複数の端末局Tが存在し得ない大きさであると共に、通信エリア同士がオーバーラップしないよう構成されているという特徴を持つ。一の通信エリアには同時に複数の端末局Tが存在することがないため、通信エリア内で時間分割や周波数分割などの多元アクセスを施す必要が無く、一の端末局Tに対して一の通信エリアに与えられた全帯域と全通信時間を与えることができ、高速通信が可能となる。また、通信エリア同士がオーバーラップしないため、全ての通信エリアで本システムに与えられた全周波数帯域を使用でき、高速通信が可能となる。したがって、セルラー通信などの通信方式に対してデータ伝送速度を大きくでき、また基地局Kの設置密度も低くできる。

【0076】

〔その他〕

(1) 上記実施例では、道路幅方向に関する基地局Kのアンテナ位置を、車両上部に取り付けられた端末局アンテナATtに対してほぼ真上から搬送波ビームを放射できるように設定した(図1(b)参照)。これは、基地局Kからの搬送波ビームが自車近傍の(例えば隣のレーンを走行中の)大型車両、あるいは標識などによってシャドウイングされることを回避するためである。しかし、このよ

うなシャドウイングが回避されるのであれば、次のようにしても良い。例えば、図10(a)に示すように、基地局アンテナATkを路側に近づけ、車両に対して斜め上方からビームを形成する。このようにしても問題はない。また、路側から離れた車線に対しても、図10(b)のようにすることができる。つまり、基地局アンテナATkの位置を相対的に高くし、ビーム方向が斜めになったとしても、路側に近い車線を走行する大型車両によってもシャドウイングされないようにすればよい。もちろん、図1(b)のように真上からビームを形成すれば、アンテナ高さが低くて済み、アンテナを取り付けるための支柱も低くて済むという利点はある。

【0077】

(2) また、アンテナに関しては、図11(a)に例示するようなアレーアンテナ50を採用しても良い。このアレーアンテナ50は、複数のアンテナ素子50aが配列されて構成されている。一般的なアンテナは指向性を制御することが困難であったため、例えば基地局Kの形成する通信エリアは固定されてしまう。これに対して、アレーアンテナ50は複数のアンテナ素子50aで構成されるため、搬送波ビームの指向性を制御することができる。そのため、以下に示すような効果を発揮できる。

【0078】

[アレーアンテナ50を基地局Kに設置した場合の効果]

①アレーアンテナ50を介して基地局Kから端末局Tに送信する場合、図11(b)に示すように、通信エリアを移動する端末局Tの位置に合わせて移動させることができる。そのため、狭いビーム照射範囲を保ち、且つ高い電力密度を保ったまま（つまり高速通信エリアを確保したまま）、一般的なアンテナを用いた場合に対して一つの通信エリア内で長い通信時間を確保することができる。

【0079】

また、端末局Tから基地局Kに送信する場合を考えると、図11(b)に示すものと同様の考え方で、受信方向を端末局Tの位置に合わせて変化させることができるので、やはり一つの通信エリア内で長い通信時間を確保することができる。さらに、このようにすれば、狭い通信エリアでよいから、基地局Kにとっては

不要な方向から到来する電波を受信しなくて済み、通信品質を高くできるという効果もある。

【0080】

②一般的なアンテナの場合は複数のアンテナを配置しなければ、複数車線あるいは同一車線における複数の場所に通信エリアを形成することができなかった。それに対して、アレーアンテナ50を用いた場合には、図11(c)に示すように、同一車線において例えばエリアA、B、Cという3つの通信エリアを同時に形成したり、図11(d)に示すように、複数車線において例えばエリアA、B、Cという3つの通信エリアを同時に形成することができる。

【0081】

③また、所要の通信速度に応じた最適な電力密度で通信エリアを形成することができる。つまり、図12(a)に例示するように、高い通信速度を要求するユーザ（端末局T）に対しては高い電力密度で通信エリアを形成し、低い通信速度を要求するユーザ（端末局T）に対しては低い電力密度で通信エリアを形成することができる。このようにすれば、端末局Tにおける受信電力不足や、基地局Kからの過剰な電力放射を防止することができる。

【0082】

④アレーアンテナ50であれば、通信エリアの形状自体を制御できる。つまり、図12(b)に示すように、同じアレーアンテナ50を用いながら、時には広い通信エリアを形成したり、時には狭い通信エリアを形成したりすることが可能となる。そのため、例えば他の端末局Tが進行方向に存在しない状況であれば、広い（つまり進行方向に長い）通信エリアを形成して、長い通信時間を確保することもできる。

【0083】

[アレーアンテナ50を端末局Tに設置した場合の効果]

①アレーアンテナ50を介して端末局Tから基地局Kへ送信する場合には、図12(c)に示すように、通信方向を移動する端末局Tから見た基地局側のアンテナの相対位置に合わせて変化させることができるので、一つの通信エリア内で長い通信時間を確保することができる。さらに、このようにすれば、狭い通信エ

リアでよい、ため、端末局 T にとっては不要な方向から到来する電波を受信しなくて済み、通信品質を高くできるという効果もある。

【 0 0 8 4 】

②基地局 K 側に設置した場合と同様に、この場合も、所要の通信速度に応じた最適な電力密度で通信エリアを形成することができ、基地局 K における受信電力不足や、端末局 T からの過剰な電力放射を防止することができる。

(3) 図 9 において光電波融合技術の一例を説明したが、光電波融合技術には代表的な 3 つのパターンとして①高周波信号を光伝送、②中間周波信号を光伝送、③ベースバンド信号を光伝送がある。そして、上り・下りを同じパターンで実現してもよいし、異なるパターンで実現してもよい。図 9 においては、①のパターンを想定したものであったが、ここでは、その場合も含めて、①～③のパターンに対応する概略構成及び上り・下り方向の流れの概略を整理して説明することとする。

【 0 0 8 5 】

①高周波信号の光伝送の場合

この場合は、図 1 3 (a) に示す構成が考えられる。図中 L D はレーザ光源、MOD は光を電気信号で強度変調する光変調器、P D は強度変調された光信号から電気信号を取り出すフォトダイオードなどの光－電気 (O / E) 変換器である。この構成に於ける信号の流れを説明する。

【 0 0 8 6 】

まず、下り方向については、外部通信網から伝送された有線信号は制御局 S 内のインターフェース部で無線伝送用のデータ処理を施した後に無線変調してベースバンド信号を生成する。このベースバンド信号を中間周波数 (例えば 1 G H z) にアップコンバートした後に、高周波 (例えば 3 7 G H z , 6 0 G H z) にアップコンバートする。そして、光源から発生された光を、その高周波信号で光変調器を用いて強度変調を施し、その変調された光信号を光ファイバーを介して基地局 K へ向けて伝送する。基地局 K では、制御局 S から伝送された光信号を O / E 変換器で光信号から高周波信号を取り出し、その取り出した高周波信号を高周波増幅器で増幅した後に、アンテナを介して空中に放射して端末局へ伝送する。

【0087】

一方、上り方向については、端末局から放射された高周波信号をアンテナを介して受信した基地局Kは、光変調器を用いて光を強度変調し、光ファイバーを介して制御局Sへ伝送する。制御局Sでは、O/E変換器で光信号から高周波信号を取り出し、高周波から中間周波を介してベースバンド信号にダウンコンバートする。このベースバンド信号をインタフェース部で無線復調・データ変換して有線信号を取り出し、外部通信網に接続する。

【0088】

この構成の場合の特徴としては、基地局Kの構成が非常に簡素化されることである。

②中間周波信号の光伝送の場合

この場合は、図13(b)に示す構成が考えられる。

【0089】

まず、下り方向については、外部通信網から伝送された有線信号は制御局S内のインターフェース部で無線伝送用のデータ処理を施した後に無線変調してベースバンド信号を生成する。このベースバンド信号を中間周波数にアップコンバートする。そして、光源から発生された光を、その中間周波信号で光変調器を用いて強度変調を施し、その変調された光信号を光ファイバーを介して基地局Kへ向けて伝送する。基地局Kでは、制御局Sから伝送された光信号をO/E変換器で光信号から中間周波信号を取り出し、高周波信号にアップコンバートした後、高周波増幅器で増幅し、アンテナを介して空中に放射して端末局へ伝送する。

【0090】

一方、上り方向については、端末局から放射された高周波信号をアンテナを介して受信した基地局Kは、その受信した高周波信号を中間周波信号にダウンコンバートし、この中間周波信号で光変調器を用いて光を強度変調し、光ファイバーを介して制御局Sへ伝送する。制御局Sでは、O/E変換器で光信号から中間周波信号を取り出し、ベースバンド信号にダウンコンバートする。このベースバンド信号をインタフェース部で無線復調・データ変換して有線信号を取り出し、外部通信網に接続する。

【0091】

この構成の場合は、光変調器の高周波動作特性が中間周波数程度で可能なため、より廉価なものを採用でき、全体のコストダウンにつながる。

③ベースバンド信号の光伝送の場合

この場合は、図14（a）に示す構成が考えられる。

【0092】

まず、下り方向については、外部通信網から伝送された有線信号は制御局S内のインターフェース部で無線伝送用のデータ処理を施した後に無線変調してベースバンド信号を生成する。そして、光源から発生された光を、そのベースバンド信号で光変調器を用いて強度変調を施し、その変調された光信号を光ファイバーを介して基地局Kへ向けて伝送する。基地局Kでは、制御局Sから伝送された光信号をO/E変換器で光信号からベースバンド信号を取り出し、中間周波を介して高周波にアップコンバートした後、高周波増幅器で増幅し、アンテナを介して空中に放射して端末局へ伝送する。

【0093】

一方、上り方向については、端末局から放射された高周波信号をアンテナを介して受信した基地局Kは、その受信した高周波信号を中間周波を介してベースバンド信号にダウンコンバートし、このベースバンド信号で光変調器を用いて光を強度変調し、光ファイバーを介して制御局Sへ伝送する。制御局Sでは、O/E変換器で光信号からベースバンド信号を取り出し、インターフェース部で無線復調・データ変換して有線信号を取り出し、外部通信網に接続する。

【0094】

この構成の場合は、光変調器の高周波動作特性がベースバンド信号程度で可能なため、より廉価なものを採用でき、全体のコストダウンにつながる。また、変調機能付きのLDを用いると光変調器なしでも実現可能となる。その場合の構成を図14（b）に示す。

【0095】

（4）上述した実施例においては、図14（c）に示すように、ネットワーク構成として複数の基地局Kと制御局Sとの接続形態を、制御局Sを中心とする「

ツリー型」とした。しかし、これに限らず、図 1 4 (d) に示すように、各基地局をシリアルに接続した「バス型」を用いてもよい。このバス型の場合には、各基地局 K には上述した光電波融合技術を用い、且つ各基地局 K に無線を伝送する光キャリアは各基地局 K に応じて光波長を異ならしめる波長分割多重 (WDM) を用いることで構成できる。ツリー型の場合には、全ての基地局 K に伝送する光の波長は同一で済むが、敷設する光ファイバーの系統が増加し、インフラコストが相対的に高くなる可能性がある。これに対してバス型の場合には光ファイバーは 1 系統で済む。

【0 0 9 6】

(5) 上記実施例では、無線通信システムの一例として路車間通信システムを挙げ、移動体の例として車両、移動経路の例として道路、区分路の例として車線を想定して説明した。しかし、車両以外の移動体であっても、車両に対する道路や車線と同じような役割を果たすものが存在すれば、同様に本発明システムへの適用は可能である。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 (a) は実施例の路車間通信システムの概要説明図、(b) は通信エリアの説明図である。

【図 2】 複数車線に対する通信エリアの配置及びサイズの説明図である。

【図 3】 車両進行方向についての通信エリアの形成に関する説明図である。

【図 4】 データの分割伝送に関する基地局側及び端末局側の工夫の説明図である。

【図 5】 データ伝送速度と必要な帯域幅との関係を示す説明図である。

【図 6】 各変調方式における平均 BER と CNR との関係を示す説明図である。

【図 7】 スポットアクセス方式と連続アクセス方式との対比を示す説明図である。

【図 8】 (a) はスポットアクセス方式における通信の有効区間と非有効区間の説明図であり、(b) はスポットアクセス方式の平均データ伝送速度の説明図であり、(c) は連続アクセス方式において帯域幅 4 MHz の場合の伝搬距離

による電力余裕の変化を示す説明図である。

【図9】 光電波融合技術を採用した場合の制御局及び基地局の内部構成を示すブロック図である。

【図10】 基地局から放射するビームの形成手法の別実施例を示す説明図である。

【図11】 アレーアンテナを用いた場合の用法及び効果などの説明図である。

【図12】 アレーアンテナを用いた場合の用法及び効果などの説明図である。

【図13】 光電波融合技術に関し、(a)は高周波信号を光伝送する場合の構成図、(b)は中間周波信号を光伝送する場合の構成図である。

【図14】 光電波融合技術に関し、(a)，(b)はベースバンド信号を光伝送する場合の構成図、(c)，(d)は制御局と基地局との接続形態を例示する説明図である。

【図15】 従来技術としての連続アクセス方式の説明図である。

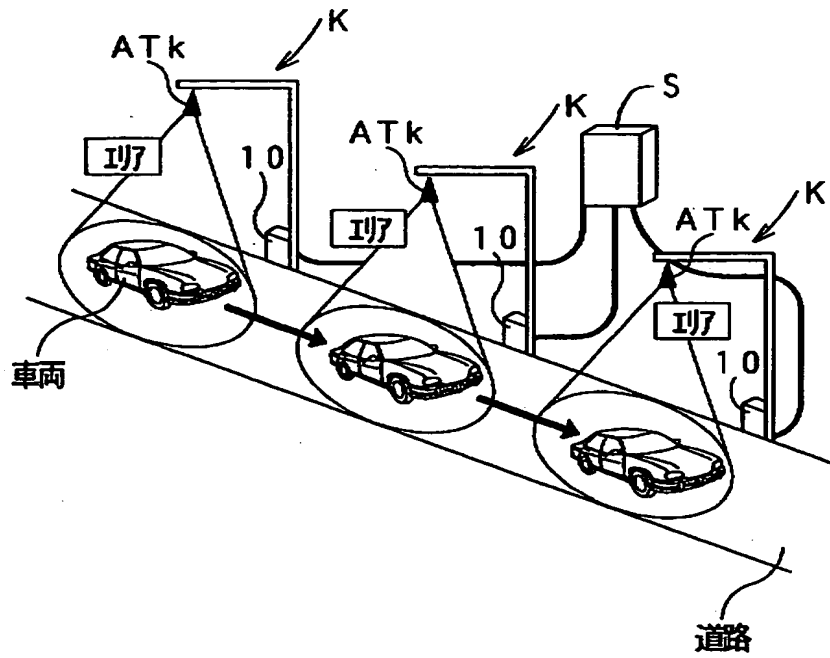
【符号の説明】

| | | |
|----------------|---------------|-------|
| K…基地局 | S…制御局 | T…端末局 |
| A T k…基地局アンテナ | A T t…端末局アンテナ | |
| 1…端末局本体 | 1 0…基地局本体 | |
| 1 2…O/E素子 | | |
| 1 3…増幅器 | 2 1…インターフェース | |
| 2 2…変調器 | 2 3, 2 4…ミキサ | |
| 2 5…E/O素子 | 2 6…光源 | |
| 2 7, 2 8…局部発振器 | 3 0…光ファイバ | |

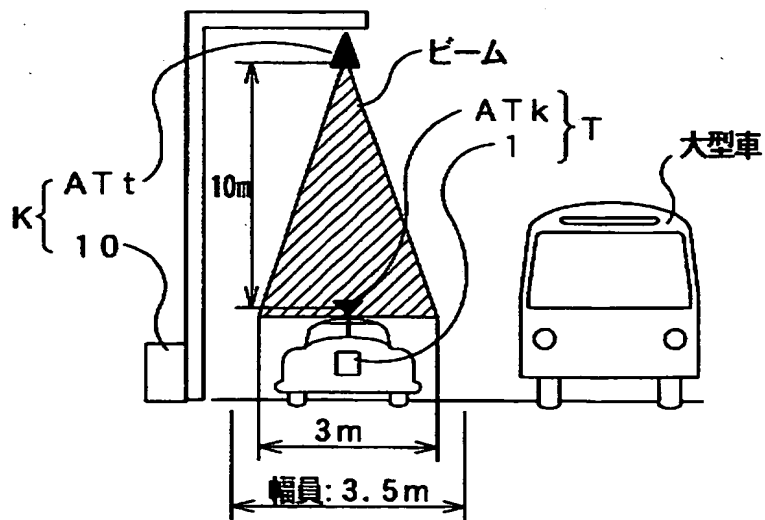
【書類名】 図面

【図1】

(a)



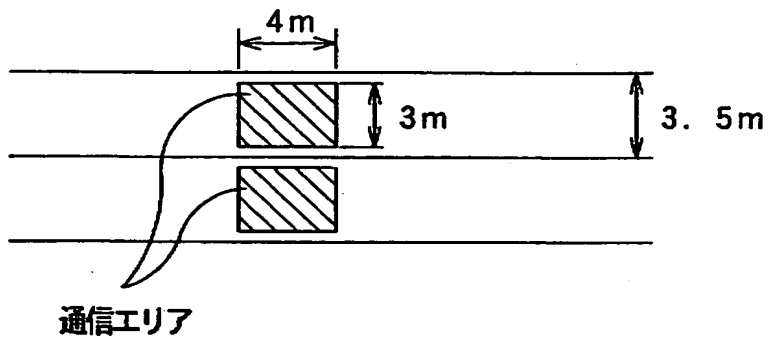
(b)



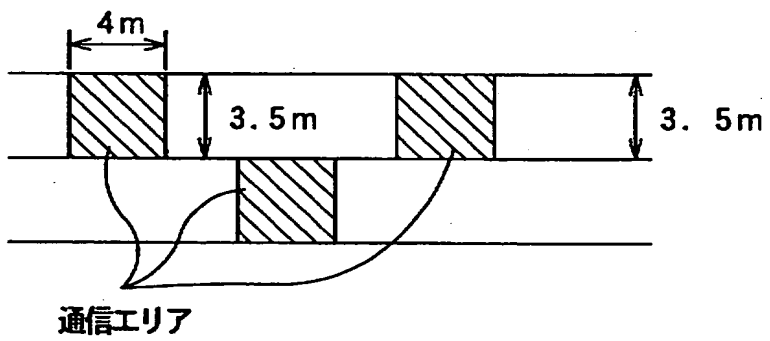
幅員方向の搬送波ビーム

【図2】

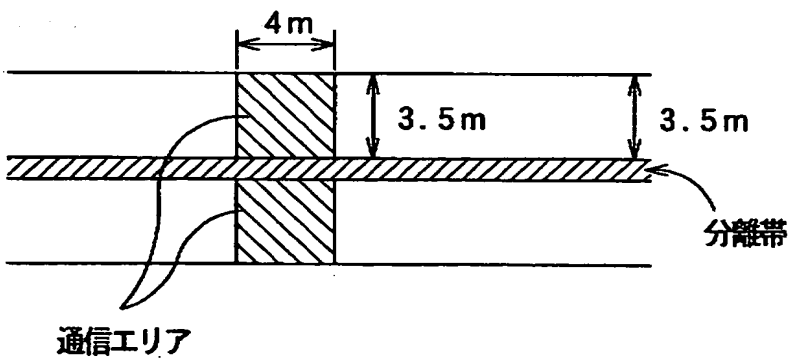
(a)



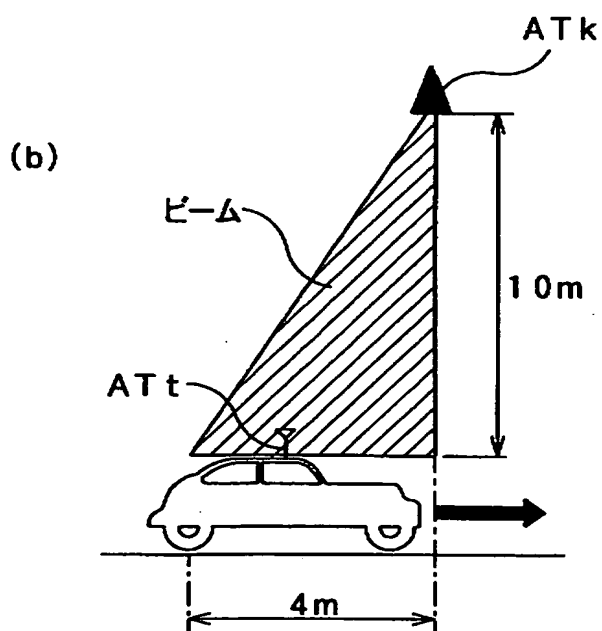
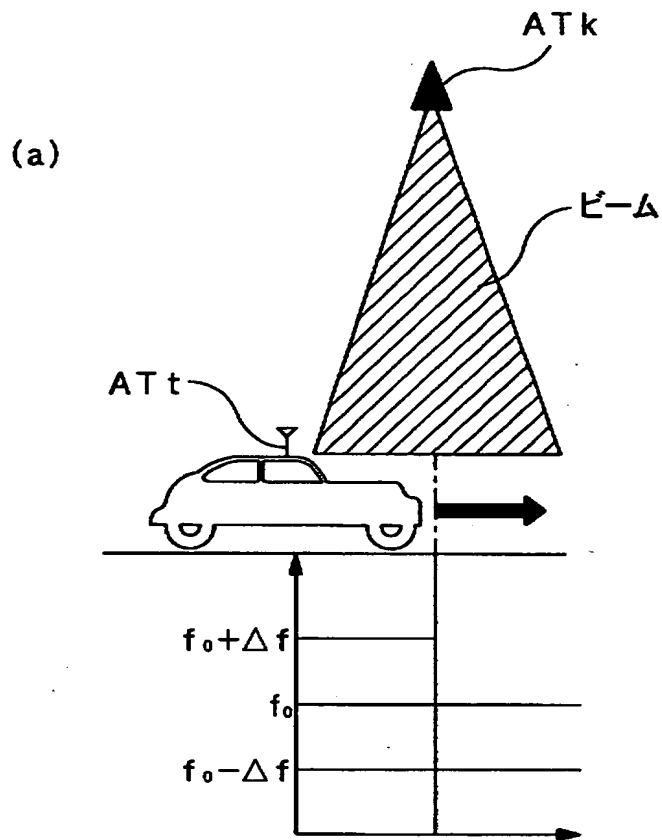
(b)



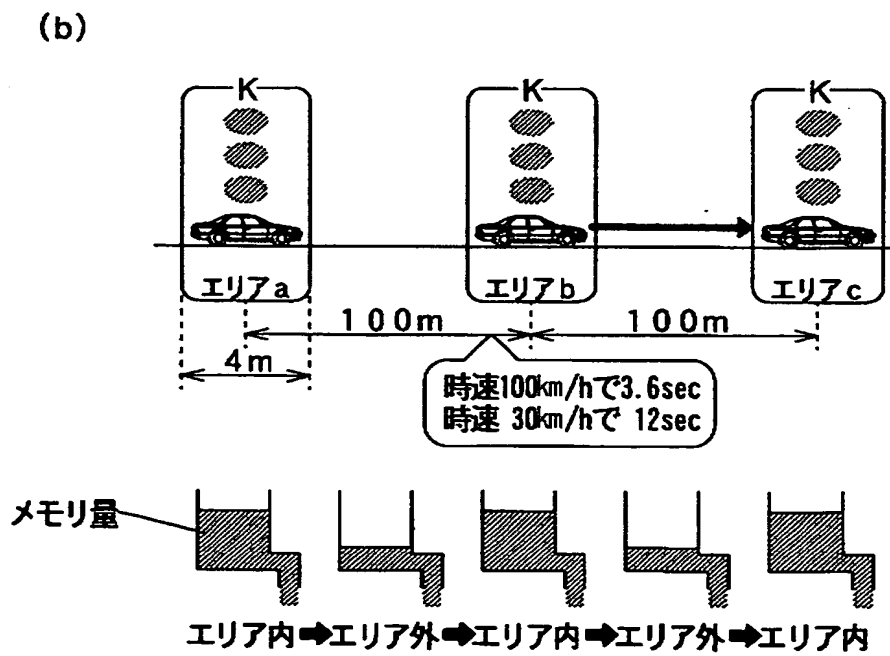
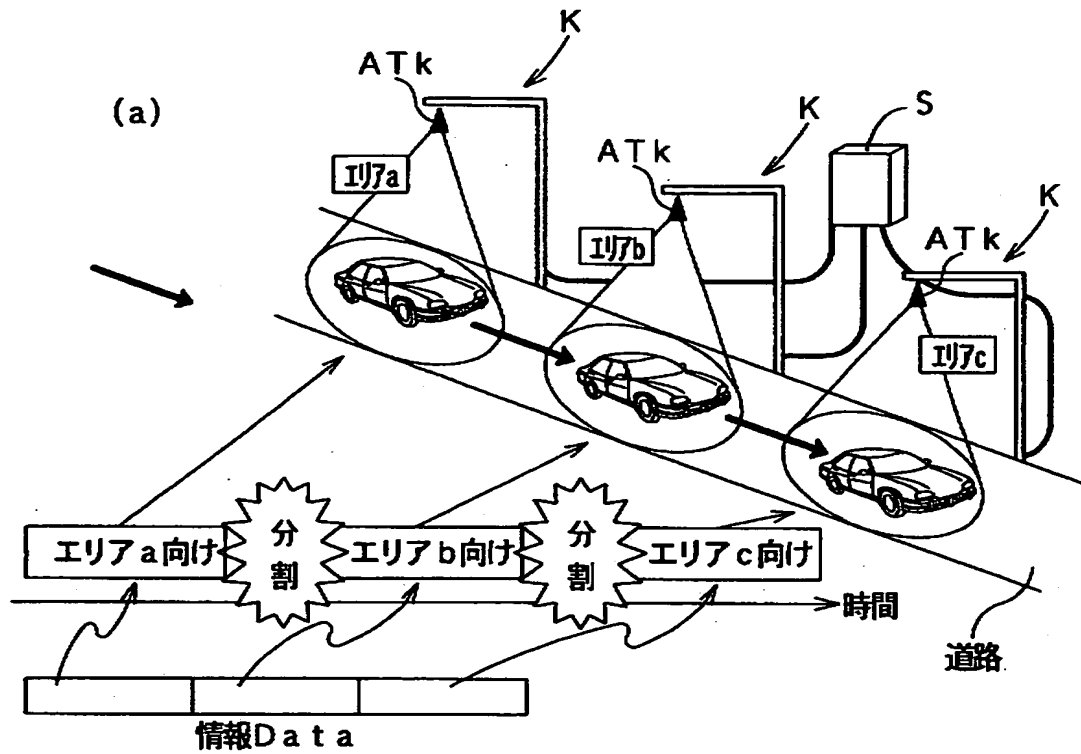
(c)



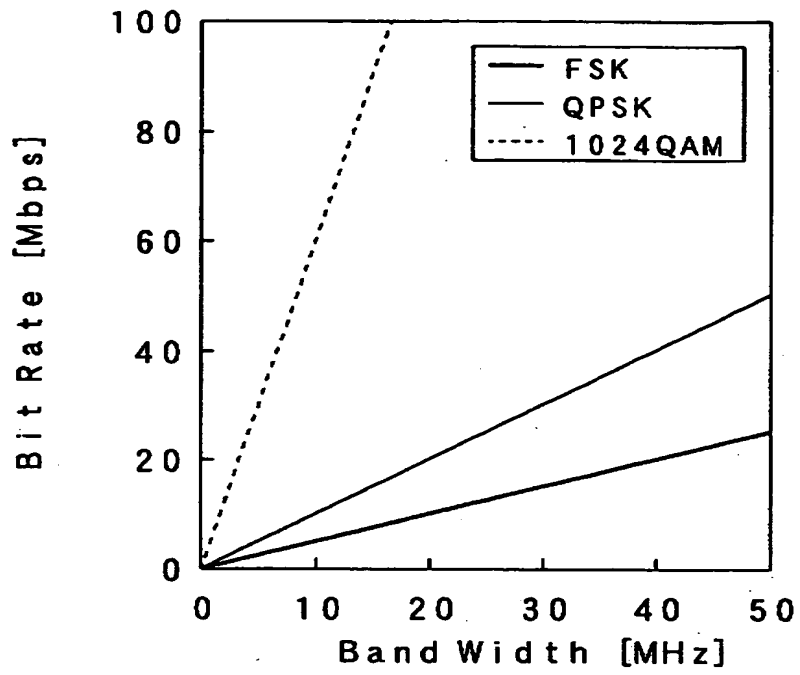
【図 3】



【図4】



【図5】

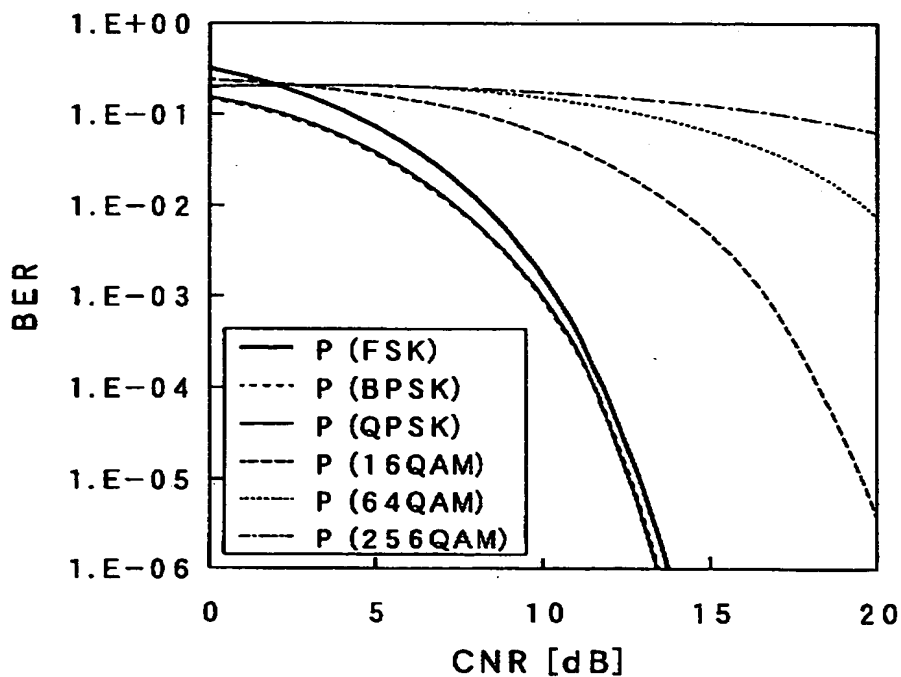


【図 6】

(a)

| 変調方式 | 平均BER |
|--------|--|
| FSK | $P_{FSK} = \text{erfc} \left(\frac{K_0}{\sqrt{2}} \right)$ |
| BPSK | $P_{BPSK} = \frac{1}{2} \text{erfc} \left(\frac{K_0}{\sqrt{2}} \right)$ |
| QPSK | $P_{QPSK} = \frac{1}{2} \text{erfc} \left(\frac{K_0}{\sqrt{2}} \right)$ |
| 16QAM | $P_{16QAM} = \frac{3}{8} \text{erfc} \left(\frac{K_0}{\sqrt{10}} \right)$ |
| 64QAM | $P_{64QAM} = \frac{7}{24} \text{erfc} \left(\frac{K_0}{\sqrt{42}} \right)$ |
| 256QAM | $P_{256QAM} = \frac{15}{64} \text{erfc} \left(\frac{K_0}{\sqrt{170}} \right)$ |

(b)

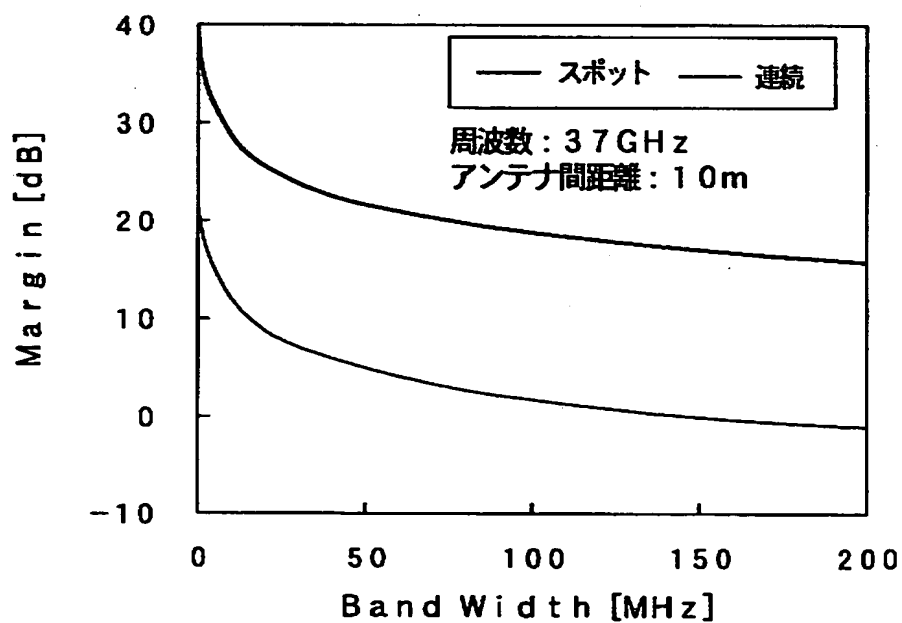


【図 7】

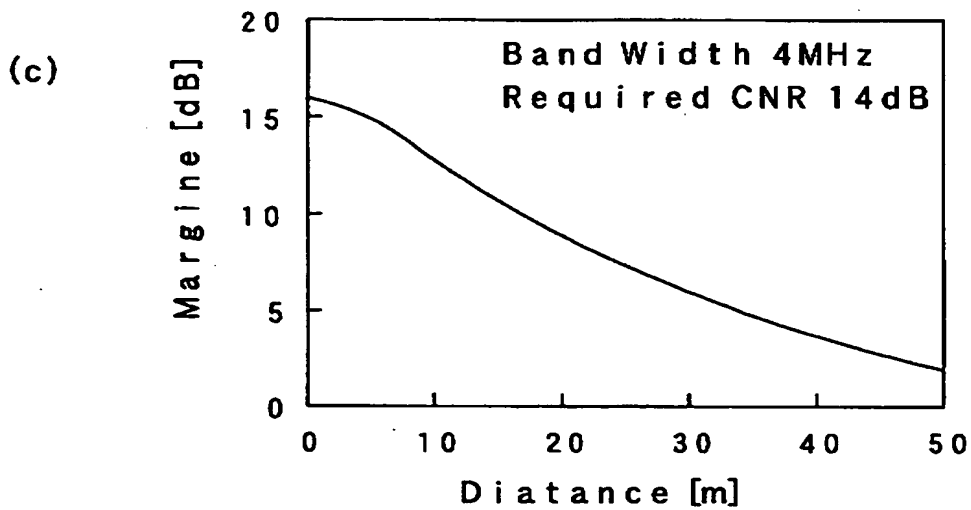
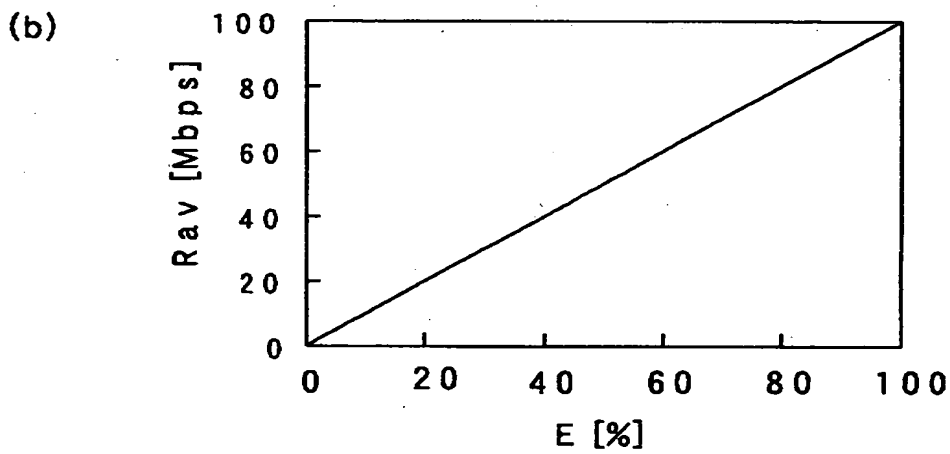
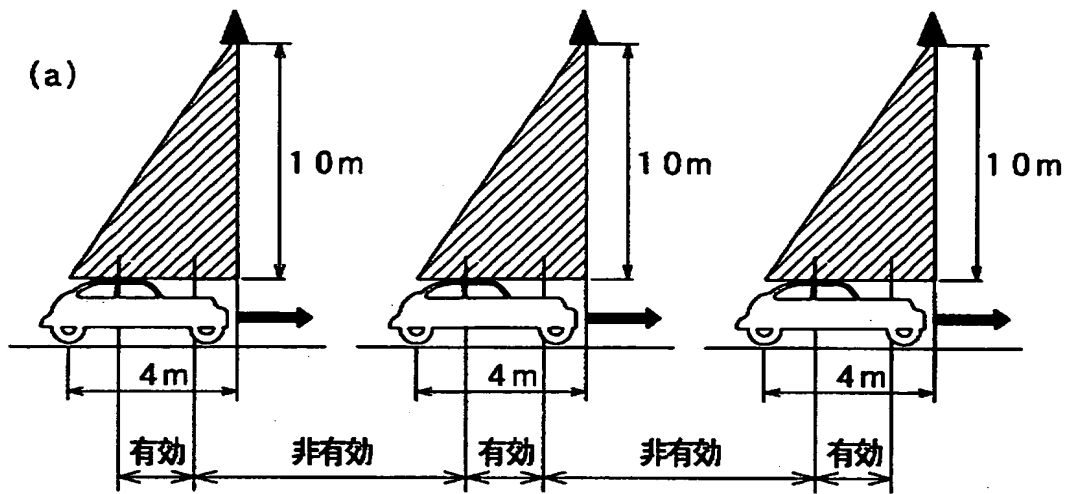
(a)

| パラメータ | 値 | |
|------------|--------------------|------|
| | スポットアクセス | 連続方式 |
| 放射電力 | 10 dBm | |
| 基地局アンテナ利得 | 20 dB | 3 dB |
| 伝搬距離 | 10m | |
| 周波数 | 37 GHz | |
| 変調方式 | FSK, BPSK, QPSK | |
| 要求される平均BER | 1×10^{-6} | |
| 受信機の雑音指数 | 10 dB | |
| 温度 | 300 K | |
| 帯域幅 | 1-200 MHz | |

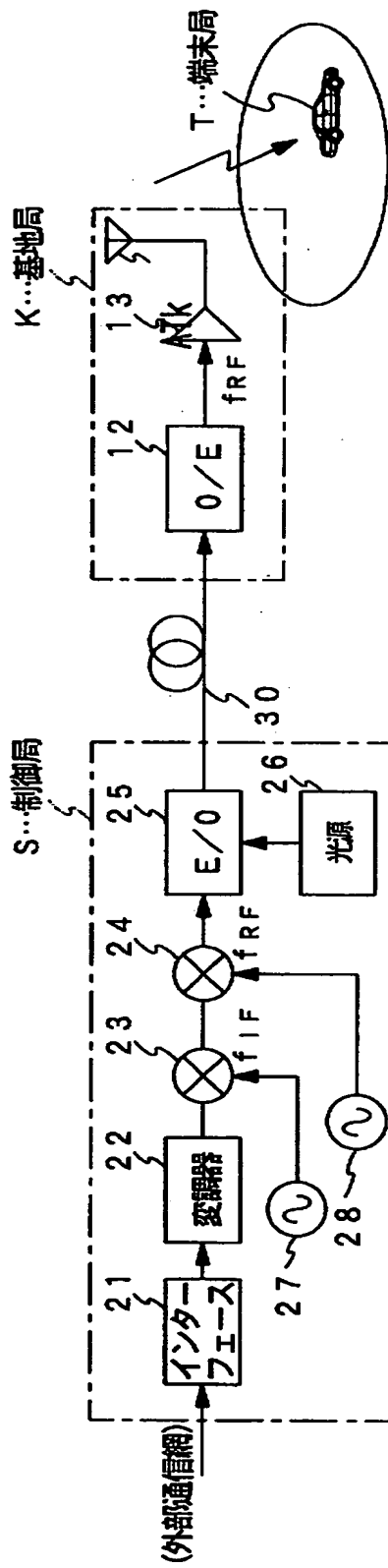
(b)



【図 8】

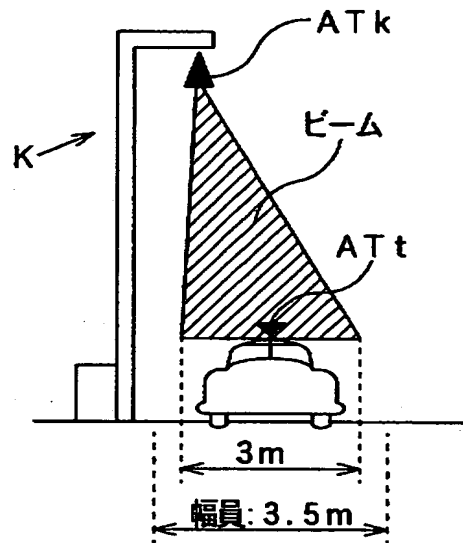


【図 9】

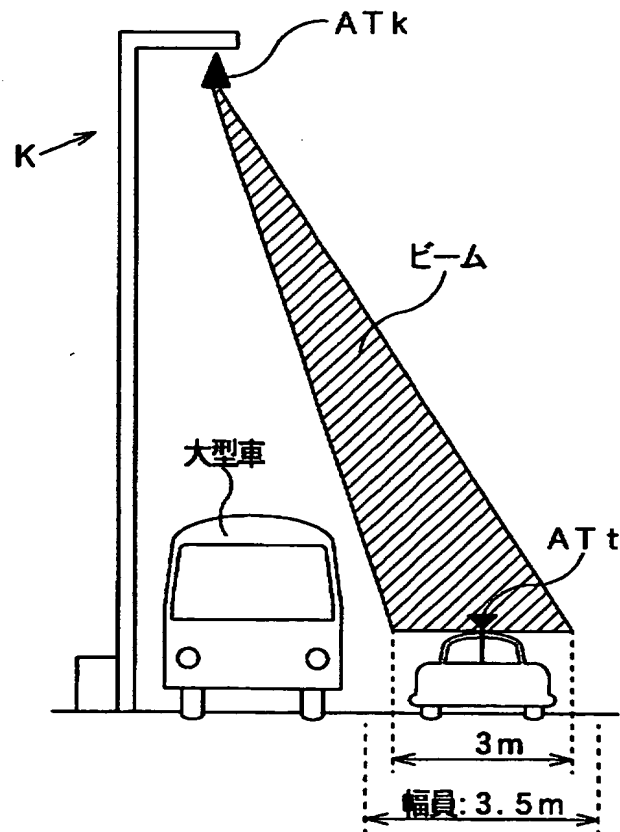


【図10】

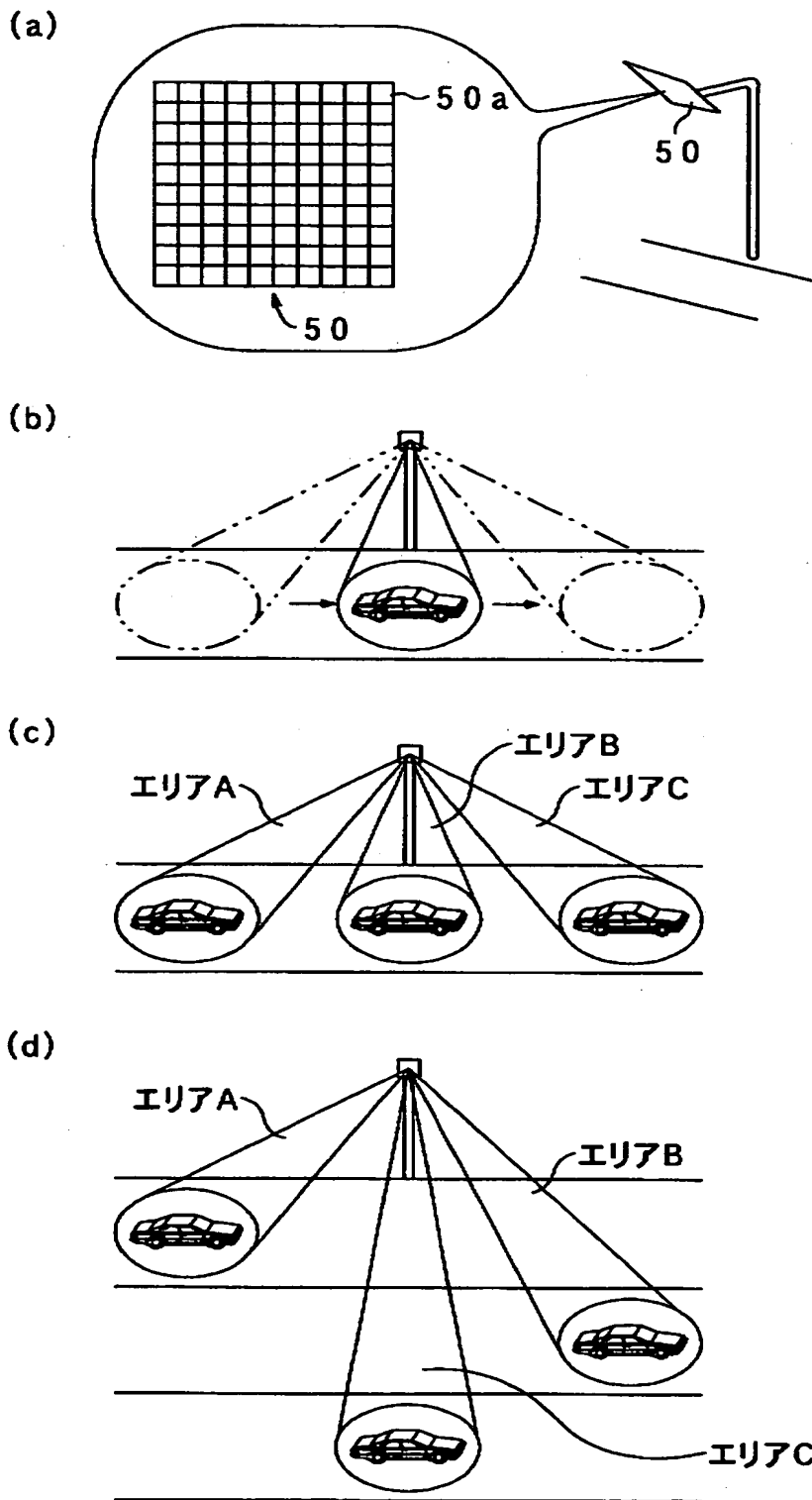
(a)



(b)

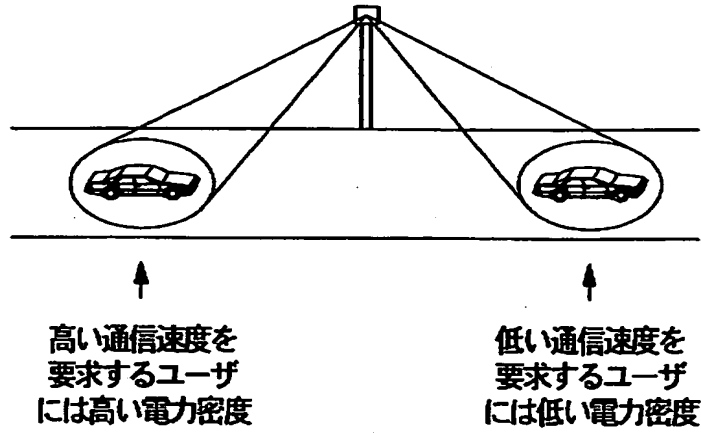


【図11】

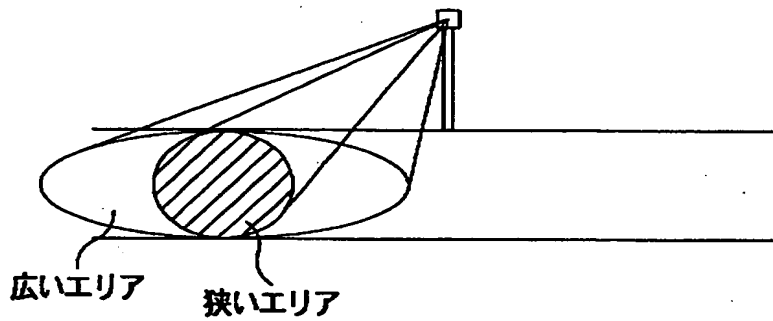


【図 12】

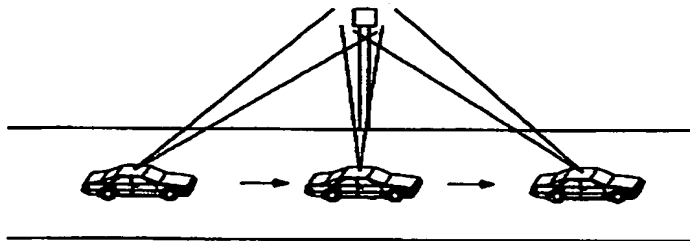
(a)



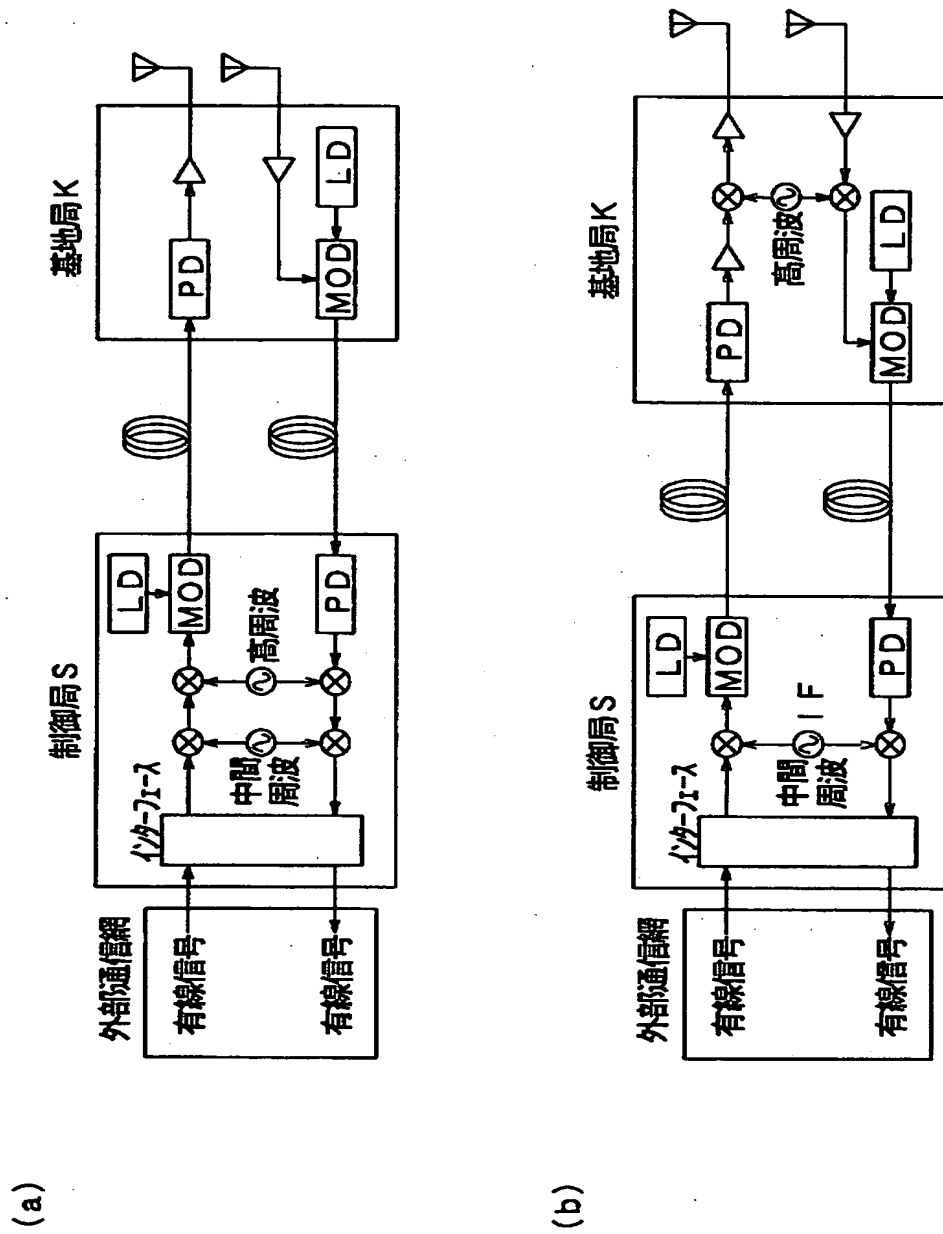
(b)



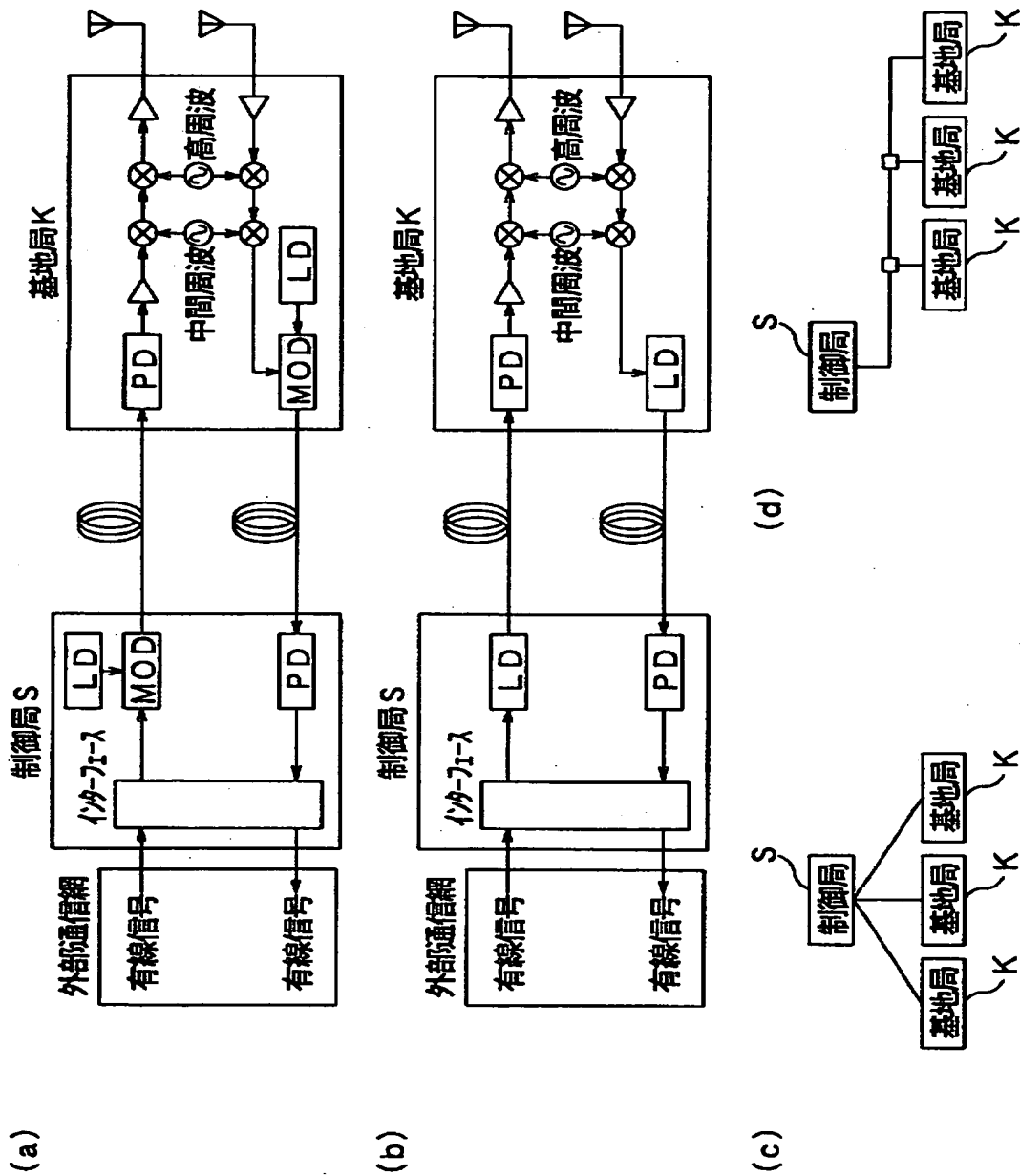
(c)



【図 13】

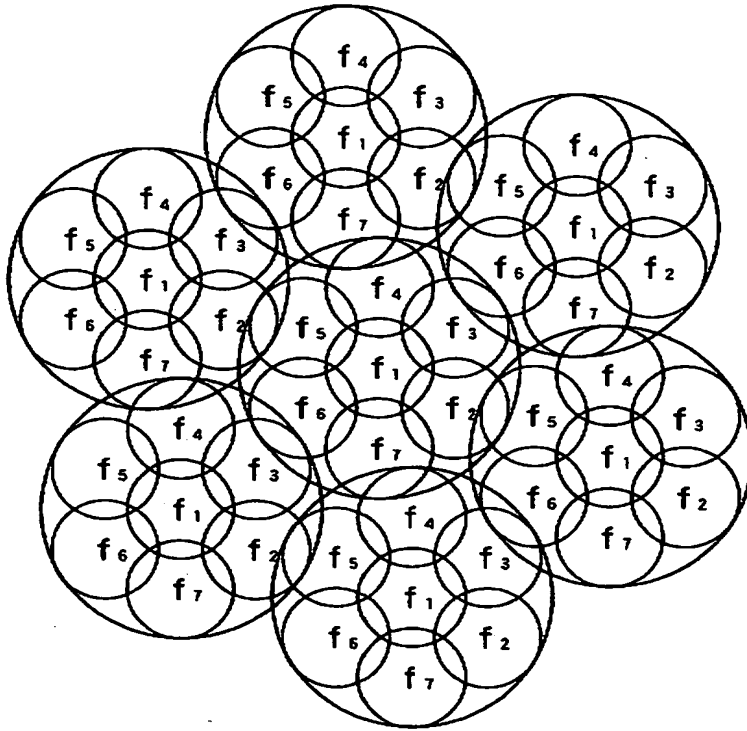


【図14】

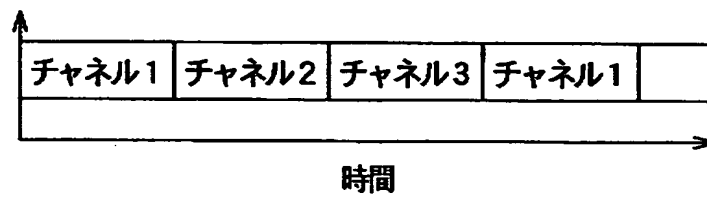


【図 15】

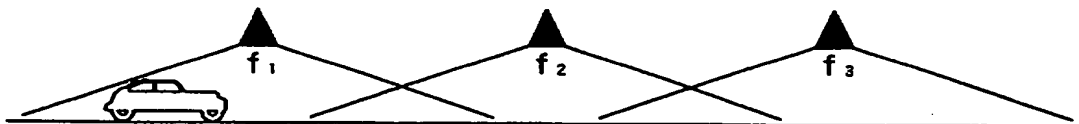
(a)



(b)



(c)



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】大容量の路車間通信の実現に有効であり、セルラー通信などに対してデータ伝送速度を大きくでき、基地局の設置密度も低くできる技術を提供する。

【解決手段】基地局Kの通信エリアが次の2つの条件を満たすように設定されている。条件①…同時に複数の端末局Tが存在し得ない大きさである。条件②…通信エリア同士がオーバーラップしないよう構成されている。条件①より、通信エリア内で時間分割等の多元アクセスを施す必要が無くなり、一つの端末局Tに対して一つの通信エリアに与えられた全帯域と全通信時間を与えることができ高速通信が可能となる。条件②により、全ての通信エリアが同一の周波数帯域を使用でき、一つのサービスに与えられた全周波数帯域を全ての通信エリアで使用することができる。このため各ユーザー端末はサービスに与えられた全周波数帯域を使用することができ、より高速な通信が可能となる。

【選択図】 図1

認定・付加情報

| | |
|---------|---------------|
| 特許出願の番号 | 特願2000-072387 |
| 受付番号 | 50000310990 |
| 書類名 | 特許願 |
| 担当官 | 塩崎 博子 1606 |
| 作成日 | 平成12年 5月30日 |

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

| | |
|----------|-----------------|
| 【識別番号】 | 000004260 |
| 【住所又は居所】 | 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 |
| 【氏名又は名称】 | 株式会社デンソー |

【特許出願人】

| | |
|----------|--------------------|
| 【識別番号】 | 391027413 |
| 【住所又は居所】 | 東京都小金井市貫井北町4丁目2番1号 |
| 【氏名又は名称】 | 郵政省通信総合研究所長 |

【代理人】

| | |
|----------|--------------------------------|
| 【識別番号】 | 100082500 |
| 【住所又は居所】 | 愛知県名古屋市中区錦2丁目9番27号 名古屋 繊維ビル |
| 【氏名又は名称】 | 足立 勉 |

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004260]

1. 変更年月日 1996年10月 8日
[変更理由] 名称変更
住 所 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
氏 名 株式会社デンソー

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [391027413]

1. 変更年月日 1991年 3月11日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都小金井市貫井北町4丁目2番1号

氏 名 郵政省通信総合研究所長